

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar  
y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas**

**Fernando García Costales**

**Tutora: Rosa María Carro Salas**

**Septiembre 2014**



## ***Resumen***

Este proyecto fue motivado por el impresionante desarrollo que se ha producido en el campo de la medicina y, en particular, en el diseño de todo tipo de prótesis.

Gracias a la tecnología, muchos pacientes han recuperado el movimiento de partes de sus cuerpos, mediante el uso de las prótesis, llegando incluso a llevar una vida completamente normal. Nos referimos a las prótesis mioeléctricas que se conectan directamente a los nervios, permitiendo el movimiento de las extremidades vía impulsos eléctricos generados por el sistema nervioso. Sin embargo, el uso de estas prótesis requiere un intenso entrenamiento, resultando el mismo una tarea larga y agotadora.

Este proyecto describe una aplicación, “Silver Touch”, desarrollada para ayudar en el entrenamiento del uso de las prótesis para niños.

Esto se logra a través de tres juegos desarrollados tras consultar con profesionales de los campos de la medicina, fisioterapia, terapia ocupacional y educación. Los mismos profesionales evaluaron la aplicación final y con sus opiniones, pudimos concluir que “Silver Touch” es una gran herramienta para entrenar a los niños en el uso de las prótesis.

## ***Palabras Clave***

Aplicación, entrenamiento, prótesis mioeléctrica, niños, juegos, superficies multicontacto.



## ***Abstract***

This project was originated following the impressive technical developments in the field of medicine, and in particular in the design of all kinds of prostheses.

Thanks to this technology, many patients have recovered the movement of parts of their bodies, using prostheses that allow them to live completely normal lives. We refer to myoelectric prostheses connected directly to the nerves, which allow the movement of limbs via electric impulses generated by the nervous system. This, however, requires an intense training that can be time consuming and fatiguing.

This thesis describes an application, “Silver Touch”, developed to assist in the use of these prostheses with children and their training.

This is achieved by means of three games developed after consulting with professionals in the fields of medicine, physiotherapy, therapy and education. The same professionals evaluated the final application and with their opinion, we could conclude that “Silver Touch” is a great tool to train kids in use of prostheses.

## ***Keywords***

Applications, training, myoelectric prostheses, kids, games, multitouch surfaces.



# Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

## *Agradecimientos*

Los agradecimientos, sin duda alguna la parte más importante, el momento de dar las gracias a mucha gente por haberme llevado hasta aquí y ayudarme a convertirme en la persona que soy.

En primer lugar quiero agradecer a Rosa, mi tutora, toda la ilusión, ganas y tiempo que ha dedicado a este proyecto, todo esto ha hecho posible el éxito de este trabajo.

A todos los expertos, médicos, fisioterapeutas y profesores, por haberme ayudado a desarrollar y evaluar este proyecto, y en especial a Martha, por tantas horas dedicadas a ello.

A todos los profesores de la carrera que me han ayudado durante estos años a crecer como ingeniero.

A todos mis amigos, los que siempre habéis estado ahí, por compartir tan buenos momentos.

A todos los compañeros de universidad con los que compartí tantas horas en los laboratorios y bibliotecas, ellos han hecho que esta etapa sea una de las mejores de mi vida.

A mi familia, en especial a mis padres y hermano, por haber estado siempre ahí, en los buenos y en los malos momentos, siempre con su apoyo y sus consejos para conseguir llegar a donde he llegado.

Y sobre todo a Estela, todos los agradecimientos son pocos, sin ti no hubiese conseguido terminar, dándome siempre confianza y apoyo en todos los momentos que llevamos juntos.

A todos, Gracias.

Fernando García Costales

Julio 2014





## INDICE DE CONTENIDOS

1 Introducción.....	- 1 -
1.1 Motivación.....	- 1 -
1.2 Objetivos y retos .....	- 2 -
1.3 Estructura del documento .....	- 3 -
2 Estado del arte .....	- 5 -
2.1 Ayuda Instrumental: Prótesis .....	- 6 -
2.1.1 Prótesis Mioeléctricas.....	- 8 -
2.1.2 Tipos de Prótesis Mioeléctricas .....	- 8 -
2.1.3 Ventajas de las prótesis mioeléctricas .....	- 9 -
2.1.4 Ventajas en los niños .....	- 10 -
2.1.5 Adaptación de las prótesis según la edad del niño .....	- 10 -
2.2 Terapia.....	- 10 -
2.2.1 Terapia específica de prótesis miembro superior (periodo preprotésico y periodo protésico).....	- 10 -
2.2.2 El aprendizaje mediante el juego.....	- 12 -
3 Análisis.....	- 15 -
3.1 Brainstorming inicial y primer prototipo: boceto.....	- 15 -
3.2 Propuesta de juegos para el entrenamiento funcional: .....	- 16 -
3.2.1 Globos: .....	- 18 -
3.2.2 Prendas: .....	- 19 -
3.2.3 Formas: .....	- 20 -
3.3 Segundo Prototipo: Prototipo en papel.....	- 21 -
3.4 Requisitos funcionales (RF) .....	- 22 -
3.4.1 Requisitos Juego Libre .....	- 22 -
3.4.2 Requisitos Usuario Registrado: .....	- 22 -
3.4.3 Requisitos Comunes: .....	- 24 -
3.5 Requisitos no funcionales.....	- 24 -
3.5.1 Requisitos de interacción e interfaz:.....	- 25 -
3.5.2 Otros requisitos no funcionales: .....	- 26 -
4 Diseño de la solución.....	- 27 -
4.1 Diseño de la interacción .....	- 27 -
4.2 Diseño de la interfaz .....	- 29 -
4.3 Estructura de datos.....	- 38 -
5 Desarrollo .....	- 39 -

# Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

5.1 Estructura de datos.....	- 39 -
5.2 Lenguaje .....	- 42 -
5.3 Desarrollo de la aplicación .....	- 44 -
5.3.1 Juego globos .....	- 45 -
5.3.2 Juego prendas .....	- 46 -
5.3.3 Juego Formas .....	- 47 -
5.4 Rendimiento .....	- 48 -
5.5 Pruebas .....	- 49 -
5.5.1 Pruebas de caja blanca .....	- 49 -
5.5.2 Pruebas de caja negra .....	- 49 -
5.5.3 Resultados de las pruebas .....	- 49 -
6 Evaluación .....	- 51 -
6.1 Cuestionario y resultados.....	- 51 -
6.2 Evaluación sobre los requisitos no funcionales .....	- 54 -
6.3 Conclusiones: .....	- 55 -
7 Conclusiones y trabajo futuro.....	- 57 -
7.1 Conclusiones.....	- 57 -
7.2 Trabajo futuro .....	- 58 -
Referencias .....	i
Glosario .....	iii
Anexos .....	v
A    Cuestionario Expertos .....	v

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: EVOLUCIÓN APPLE.....	- 1 -
FIGURA 2: PRÓTESIS PASIVAS.....	- 7 -
FIGURA 3: PRÓTESIS FUNCIONAL.....	- 7 -
FIGURA 4: COMPONENTES PRÓTESIS MIOELÉCTRICA.....	- 8 -
FIGURA 5: MANO SISTEMA 2000 DMC.....	- 8 -
FIGURA 6: PRÓTESIS MICHELANGELO.....	- 9 -
FIGURA 7: ELEMENTOS DEL JUEGO .....	- 13 -
FIGURA 8: PROTIPO 1: BOCETO .....	- 16 -
FIGURA 9: GUANTES CONDUCTORES.....	- 17 -
FIGURA 10: BOLÍGRAFO ÓPTICO BAMBOO.....	- 18 -
FIGURA 11: JUEGO “GLOBOS” .....	- 18 -
FIGURA 12: JUEGO “PRENDAS” .....	- 19 -
FIGURA 13 JUEGO “FORMAS” .....	- 20 -
FIGURA 14: SEGUNDO PROTOTIPO .....	- 21 -
FIGURA 15: ESQUEMA GENERAL DE LA APLICACIÓN .....	- 27 -
FIGURA 16: DIAGRAMA CASOS DE USO 1.....	- 28 -
FIGURA 17: DIAGRAMA DE CASOS DE USO 2 .....	- 29 -
FIGURA 18: PANTALLA INICIAL.....	- 30 -
FIGURA 19: PANTALLAS “INICIO SESIÓN” Y “REGISTRO” .....	- 31 -
FIGURA 20: PANTALLA INICIAL, USUARIO REGISTRADO.....	- 31 -
FIGURA 21: MENÚ PRINCIPAL DEL JUEGO .....	- 32 -
FIGURA 22: MENSAJE INICIO DEL JUEGO.....	- 32 -
FIGURA 23: PANTALLA JUEGO “GLOBOS” .....	- 33 -
FIGURA 24: SUBMENÚ AYUDA Y OPCIONES.....	- 33 -

# Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

FIGURA 25: PANTALLA “CÓMO SE JUEGA” .....	- 34 -
FIGURA 26: PANTALLA “CONFIGURACIÓN” .....	- 34 -
FIGURA 27: PANTALLA “PUNTUACIONES” .....	- 35 -
FIGURA 28: PANTALLA JUEGO “PRENDAS” .....	- 36 -
FIGURA 29: PANTALLA JUEGO “FORMAS” .....	- 37 -
FIGURA 30: DIAGRAMA ENTIDAD – RELACIÓN.....	- 38 -
FIGURA 31: GESTOR DE BASE DE DATOS “SQLITE MANAGER” .....	- 39 -
FIGURA 32: TABLA “USERS” DE LA BASE DE DATOS .....	- 40 -
FIGURA 33: TABLA “GLOBOSPOINTS” DE LA BASE DE DATOS .....	- 40 -
FIGURA 34: TABLA “GLOBOSLOGS” .....	- 41 -
FIGURA 35: TABLA “PRENDASLOGS” .....	- 41 -
FIGURA 36: TABLA “FORMASLOGS” .....	- 41 -
FIGURA 37: ESTUDIO DE MERCADO .....	- 42 -
FIGURA 38: ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA IOS .....	- 42 -
FIGURA 39: LOGO XCODE .....	- 43 -
FIGURA 40: ESTRUCTURA DE CLASES DEL PROYECTO “SILVERTOUCH” .....	- 43 -
FIGURA 41: RENDIMIENTO DE LA CPU .....	- 48 -
FIGURA 42: RENDIMIENTO MEMORY .....	- 48 -
FIGURA 43: RESULTADOS PRUEBAS UNITARIAS .....	- 50 -
FIGURA 44: PRUEBAS UNITARIAS SATISFACTORIAS .....	- 50 -
FIGURA 45: GRÁFICOS DE TARTAS .....	- 52 -

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESULTADOS CUESTIONARIO (A).....	- 52 -
TABLA 2: RESPUESTAS CUESTIONARIO (B).....	- 53 -
TABLA 3: RESPUESTAS CUESTIONARIO (B).....	- 54 -



# 1 Introducción

---

## 1.1 Motivación

Durante los últimos años hemos visto cómo la tecnología avanzaba a un ritmo vertiginoso. Desde que apareció el primer ordenador personal “Olivetti Programma 101” en 1965, el primer teléfono móvil “Ericsson NMT450” en 1980 o la primera tableta moderna “iPad” en 2010, hemos visto como la tecnología está cada vez más presente en nuestras vidas. De hecho, está tan presente que podríamos llegar a pensar que, en cierta manera, dependemos de ella. Los nuevos móviles, o smartphones, y las tabletas nos permiten realizar un sinfín de tareas y acciones de forma sencilla. Esto supone que, en un momento como el que vivimos, en el que todo va tan deprisa, podamos realizar algunas tareas de la vida cotidiana de forma rápida y eficaz. Por ejemplo, podemos buscar artículos y noticias en internet, realizar videoconferencias o comprar artículos de cualquier lugar del mundo en cualquier momento, sin necesidad de tener que transportar portátiles u otros dispositivos pesados. El mercado de las aplicaciones para los smartphones y las tabletas está en alza, ya que cada aplicación permite realizar una tarea específica y existen muchas aplicaciones para desarrollar todos los aspectos de la vida cotidiana.



**Figura 1: Evolución Apple**

**Fuente: Elaboración propia. Imágenes Apple**

Aun con todas las ventajas que presentan estos dispositivos y las tecnologías asociadas, existe cierta problemática en el desarrollo de las mismas, especialmente en la adaptación de éstas a personas que, por su edad o porque sufren alguna discapacidad, encuentran ciertas limitaciones en el uso de las mismas. Sin embargo, no tengo ninguna duda de que las ventajas (reales o potenciales) superan a los inconvenientes ya que, incluso en el campo de la medicina, se están realizando grandes avances tecnológicos que permiten facilitar la vida a personas con discapacidad. Por ejemplo, se ha conseguido devolver el movimiento de algún miembro a personas con discapacidad física.

# Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Este último punto es el que me ha motivado en la elección de mi proyecto. Dentro del ámbito del uso de la tecnología para ayudar a personas con necesidades especiales, me he centrado en los niños que, tras haber sufrido una amputación de los miembros superiores (brazos y manos), utilizan prótesis. Conseguir el movimiento de estas prótesis se puede volver una tarea larga y tediosa, ya que conlleva muchas sesiones de rehabilitación. Lo que quiero lograr con mi proyecto es dar un soporte tecnológico a esa tarea de rehabilitación, de modo que los niños que sufren amputaciones puedan realizar dicha rehabilitación de una manera interactiva y divertida.

## ***1.2 Objetivos y retos***

El objetivo principal de mi proyecto es desarrollar una aplicación capaz de facilitar el entrenamiento y el uso de las prótesis mioeléctricas. Este objetivo se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar las necesidades particulares de los niños con amputaciones en las manos o brazos y aprender el modo en que realizan la rehabilitación actualmente.
- Diseñar una aplicación con actividades y juegos que faciliten el entrenamiento y el uso de las prótesis mioeléctricas.
- Diseñar una interfaz simple y amigable apta para niños.
- Desarrollar dicha aplicación en tabletas multicontacto, para que puedan hacer uso de la aplicación de manera autónoma cada uno en su casa sin la necesidad hacer uso de complicados aparatos en un centro rehabilitador.
- Evaluar el potencial de la aplicación en el entorno de la rehabilitación.

Uno de los retos de este proyecto está relacionado con el trasfondo médico que lo rodea. Se trata de una aplicación para la rehabilitación de personas con incapacidades físicas. Para poder diseñarla es necesario tener un elevado conocimiento sobre el tipo de incapacidad física al que se refiere, las amputaciones, así como las necesidades específicas de las personas que las sufren.

En mi caso, supone un reto porque no dispongo de estos conocimientos. Para poder obtener toda la información necesaria, y superar así esta dificultad, he contado con la ayuda de varios profesionales del mundo de la medicina y la rehabilitación.



## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Manuel Vijande, Catedrático de la facultad de Medicina de la Universidad de Oviedo, Martha Medcalf, fisioterapeuta especializada en Terapia Infantil, y su equipo de fisioterapeutas del Hospital de Torrelodones, así como M<sup>a</sup> de la Luz Costales y Alejandro Urbistondo, profesores de Educación primaria.

Manuel Vijande me ayudó a investigar sobre la viabilidad aparente del proyecto. Le expliqué la idea, que encontró muy interesante y me ayudó a investigar sobre la existencia de productos similares. De esta búsqueda pudimos concluir que, aunque sí existen complejos aparatos para la rehabilitación de miembros, no existe ninguna aplicación sencilla para que el usuario utilice en casa.

Martha Medcalf me enseñó todos los tipos de prótesis que existen en el mercado, así como el tipo de ejercicios necesarios para el entrenamiento de cada una de ellas.

El Equipo de fisioterapeutas de Hospitales de Madrid me ayudó con las pruebas de la aplicación, y los profesores de Educación Especial también me ayudaron en la evaluación, además de aportar información necesaria para el diseño de los juegos orientados a niños con necesidades especiales.

Además del reto conceptual, este proyecto también me ha supuesto un reto técnico. Esto es debido a que, tras el éxito continuo de los dispositivos de Apple, me propuse programar la aplicación en una plataforma que desconocía, el “iPad”.

### ***1.3 Estructura del documento***

Este proyecto se desarrolla conforme a la siguiente estructura:

Capítulo 1, Introducción. En este capítulo hemos hablado sobre los motivos que me condujeron al desarrollo del proyecto, así como de los objetivos que me he propuesto y los retos que todo ello supone.

En el Capítulo 2 de “Estado del Arte” vamos a definir todos los conceptos médicos necesarios para el desarrollo de la aplicación. Hablaremos de los tipos de amputaciones, de la epidemiología en los niños, de los tipos de prótesis y de las ventajas que suponen las del tipo Mioeléctricas. En este capítulo también explicamos la terapia específica que se realiza en las amputaciones superiores, y las bases teóricas del aprendizaje mediante el juego.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

En el capítulo 3 desarrollamos el conjunto de requisitos identificados durante las tareas de análisis, requisitos que suponen la base del diseño de la aplicación. En él explicamos, también, el proceso que he realizado para la definición de estos requisitos.

En el Capítulo 4, Diseño de la solución, presentamos el esquema general de la aplicación, el diseño de la interacción (mediante un diagrama de casos de uso), el diseño de la Interfaz y la estructura de datos explicada con la ayuda de un diagrama de entidad relación. En este capítulo, en el diseño de la interfaz, mostraremos el prototipo final, de bajo nivel, que plasma los requisitos definidos en el capítulo anterior.

En el Capítulo 5, Desarrollo de la aplicación, expondremos la estructura final de los datos, el lenguaje, compilador y librerías utilizados. En este capítulo también explicaremos las pruebas unitarias realizadas.

El Capítulo 6 de Evaluación, presentaremos las pruebas realizadas a un grupo de Expertos, así como los resultados y conclusiones obtenidos de las mismas.

Para finalizar, en el Capítulo 7 expondremos las conclusiones del trabajo realizado y los posibles desarrollos futuros, del proyecto, que se puedan llevar a cabo.

## 2 Estado del arte

---

En este capítulo vamos a explicar los conceptos médicos que son necesarios para la comprensión y desarrollo del proyecto. La mayoría de la información aquí plasmada se ha obtenido de las reuniones mantenidas con los expertos (ver capítulo 3 Análisis). Lo primero que debemos tener en cuenta al leer esta memoria es que estamos hablando de niños con un problema físico y, por lo tanto, debemos entender qué es una amputación y qué tipo de amputaciones existen para poder delimitar el grupo de usuarios al que nos vamos a dirigir.

Vamos a empezar definiendo los conceptos básicos necesarios para la comprensión de los siguientes apartados.

- Amputación: condición adquirida cuyo resultado es la pérdida de una extremidad y cuya causa suele ser una lesión, una enfermedad o una operación quirúrgica
- Amputación infantil: Aquella que se produce en un sujeto que se encuentra en un rango de edad de entre 0 y 16 años.
- Prótesis: Aparato o dispositivo destinado a la reparación artificial de la falta de un órgano o miembro.

Las personas pueden sufrir amputaciones desde el nacimiento o pueden haber sido provocadas posteriormente. En esta sección hablamos sobre los tipos existentes de amputaciones, así como de la epidemiología en niños, es decir, la frecuencia con la que se producen (Dra. Cabreara, M. & Llovera, D. 2003. Amputaciones del miembro superior de niños. Recuperado de AUPI.org (Asociación de Usuarios de Prótesis Infantiles)):

- Congénitas: Aquellas con las que se nace. Estas amputaciones suponen un 18% del total de las amputaciones infantiles.
- Traumáticas: Son las producidas por un accidente o golpe. Suponen un 74% del total.
- Provocadas por enfermedades o sepsis: las que se producen por infección. Representan el 8% restante.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Independientemente de la causa que provoca la amputación, éstas se pueden clasificar por la zona del cuerpo a la que afectan (miembro superior en este proyecto) y además, se diferencian por la zona que haya sido afectada. De esta manera, podemos definir los siguientes tipos de las amputaciones del miembro superior:

- Amputaciones parciales de la mano: por debajo de los metacarpianos.
- Amputaciones trans-metacarpianas: Por debajo de la muñeca a través de los huesos metacarpianos.
- Desarticulación de la muñeca: corte por debajo de la muñeca.
- Amputaciones por debajo del codo: entre la muñeca y el codo.
- Desarticulación de codo: corte por debajo de la articulación del codo
- Amputaciones por encima de codo.
- Desarticulación de hombro: corte por debajo del hombro.
- Desarticulaciones del cuarto anterior del hombro: amputación que incluye la clavícula y la escápula.

Finalmente, ahora que nos hemos acercado más profundamente al concepto de amputación, y conocemos los tipos que existen, así como la frecuencia con que se producen, podemos definir el usuario al que va dirigida nuestra aplicación: niños con desarticulación de la muñeca o amputación por debajo del codo.

### ***2.1 Ayuda Instrumental: Prótesis***

Las Prótesis son utilizadas para suplir las carencias funcionales que sufre una persona (niño) por causa de una amputación. Como decíamos antes, una prótesis no es más que un miembro artificial que se utiliza para sustituir el que ha sido amputado. En función del uso que se pueda hacer de ellas, las prótesis se clasifican en:

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

1. Pasivas (figura2): no replica las funciones del miembro real, sino que sólo se utilizan de forma estética o cosmética.



**Figura 2: Prótesis pasivas**

**Fuente: [www.ortopedicasur.com](http://www.ortopedicasur.com)**

2. Funcionales (figura 3): estas prótesis son aquellas que sí replican las funciones básicas de la mano y que, por tanto, se pueden mover. Además, en función del tipo de energía que utilicen, se clasifican en:
  - Prótesis de energía corpórea (tracción, cinemáticas o mecánicas)
  - Prótesis de energía extracorpórea (eléctricas (mioeléctricas y electrónicas)). Las electrónicas se utilizan para malformaciones congénitas, puesto que no hay un control cerebral sobre el miembro, ya que nunca ha existido. Mientras que las mioeléctricas están más indicadas en amputaciones traumáticas, ya que el sistema cerebral conoce, controla y regula el miembro que ha sido amputado.

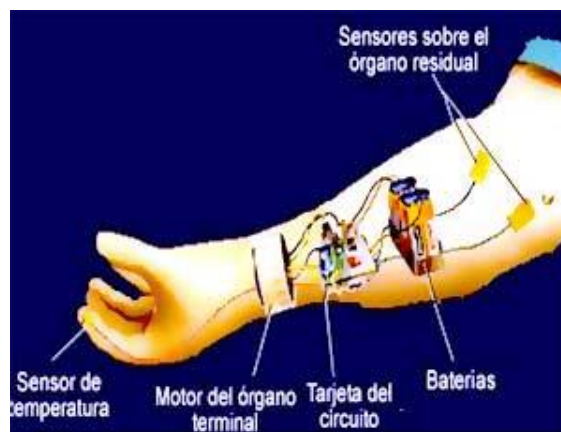


**Figura 3: Prótesis Funcional**

**Fuente: “Mano artificial: una nueva prótesis cercana a lo real” [www.dw.de](http://www.dw.de)**

### 2.1.1 Prótesis Mioeléctricas

Son prótesis de energía extracorpórea o prótesis eléctricas. Su funcionamiento se basa en la utilización del potencial eléctrico que un músculo genera con la contracción. Esto se obtiene mediante unos electrodos de captación colocados en el interior del encaje (de la prótesis) en contacto con la superficie del musculo que interesa (ver figura 4). Éstas prótesis se comercializan por: Ottobock y RLSSteeper.



**Figura 4: Componentes Prótesis Mioeléctrica**

**Fuente:** [www.revista.unam.mx](http://www.revista.unam.mx)

### 2.1.2 Tipos de Prótesis Mioeléctricas

- a) Mano Sistema 2000: DMC (Modo de Control Dinámico) establece un nuevo nivel en prótesis mioeléctricas: La velocidad y fuerza de agarre se controlan en proporción a la fuerza de la señal muscular. En la figura 5 vemos una imagen de la prótesis descrita. (Mano Eléctrica de Sistema, tamaño 7. Recuperado de [http://www.ottobock.es/cps/rde/xchg/ob\\_com\\_es/hs.xsl/3654.html](http://www.ottobock.es/cps/rde/xchg/ob_com_es/hs.xsl/3654.html))



**Figura 5: Mano Sistema 2000 DMC**

**Fuente:** [www.medicaexpo.es](http://www.medicaexpo.es)

- b) Michelangelo: Este nuevo y prometedor avance de la tecnología de mano mioeléctrica, cuenta con múltiples funciones de control que permiten a los usuarios dominar las tareas de las actividades de la vida diaria como abrir un tubo de pasta de dientes, agarrar una llave, introducir una tarjeta de crédito en un cajero o coger una plancha para la ropa. El pulgar también se abre, creando una forma de palma natural, que puede llevar un plato o recipiente. La articulación de la muñeca es flexible, ofrece una posición o forma más natural y el movimiento es más anatómico. En la figura 6 vemos una imagen de la prótesis descrita.

(Fascinante. Con Michelangelo. Recuperado de

[http://www.ottobock.es/cps/rde/xchg/ob\\_com\\_es/hs.xsl/49490.html](http://www.ottobock.es/cps/rde/xchg/ob_com_es/hs.xsl/49490.html))



**Figura 6: Prótesis Michelangelo**

**Fuente: [www.medicaexpo.es](http://www.medicaexpo.es)**

### **2.1.3 Ventajas de las prótesis mioeléctricas**

A continuación vamos a exponer las ventajas que suponen las prótesis mioeléctricas frente al resto de prótesis:

- Permiten una comunicación directa, entre el estímulo nervioso central, y contracción muscular, provocando una respuesta.
- La fuerza de prensado es independiente de la fuerza del paciente o su capacidad de movimientos anatómicos.
- Presentan una gran capacidad funcional.
- El control imita a las funciones corporales naturales.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

- Utilizan menos energía corporal.
- Su fuente de energía son pilas recargables de litio

### **2.1.4 Ventajas en los niños**

Además, son recomendables para los niños por los siguientes motivos:

- La facilidad de adaptación de los niños a las prótesis,
- El encaje interno es flexible, articulado,
- Son hipoalergénicas y fáciles de limpiar.

### **2.1.5 Adaptación de las prótesis según la edad del niño**

Para que los niños puedan utilizar este tipo de prótesis es necesario realizar un proceso de adaptación. Las fases que se deben seguir son las siguientes:

- Entre los 3 y 6 meses se pone una prótesis pasiva.
- Entre los 10 y 18 meses se utilizan prótesis mioeléctricas con un electrodo (solo un musculo).
- Entre 3 y 5 años se usan prótesis mioeléctricas con 2 electrodos
- A partir de los 6 años, se utilizan prótesis adaptadas para actividades de ocio.

## **2.2 Terapia**

En este apartado explicaremos los puntos básicos en los que centraremos nuestra aplicación. En primer lugar, hablaremos sobre la terapia específica que ha de realizarse en las amputaciones de miembros superiores de desarticulación de la muñeca y de aquellas por debajo del codo. En segundo lugar, analizaremos los beneficios del entrenamiento lúdico para la terapia en los niños y, finalmente, en tercer lugar, describiremos los juegos de nuestra aplicación y las características que los hacen adecuados para el tratamiento de los niños.

### **2.2.1 Terapia específica de prótesis miembro superior (periodo preprotésico y periodo protésico)**

Antes de que el niño pueda comenzar a entrenar debe haber aprendido una serie de pautas en el cuidado y uso de su prótesis. Para ello debe empezar por el tratamiento específico de prótesis del miembro superior.

Este tratamiento se debe realizar por un equipo multidisciplinar de profesionales entre los cuales debe encontrarse un terapeuta ocupacional. El terapeuta será el encargado de



## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

enseñar al niño a utilizar su prótesis adecuadamente para que pueda realizar todas las actividades de la vida cotidiana, lo más funcionalmente posible. Para lograrlo se comienza con un entrenamiento “pre-protésico” con los siguientes objetivos:

- Desarrollar la tolerancia al muñón: hay que enseñar al niño a cuidarlo y entrenarlo para que sea duro (aguante la prótesis) y que recupere la mayor sensibilidad posible.
- Fortalecer la musculatura del brazo y hombro existentes.
- Fortalecer la musculatura del cuello y movilidad articular del hombro.
- Mejorar la actitud corporal, prevenir posturas anómalas.
- Anular el dolor y la sensación del miembro fantasma (esta sensación se produce cuando la representación sensitiva de los miembros amputados permanece en el cerebro).
- Cambio de dominancia (si el lado amputado es el dominante, deberemos conseguir que el existente pase a ser el miembro dominante).
- Ejercicios para conseguir bilateralidad. Poder usar tanto el miembro existente contralateral como el muñón del miembro amputado para realizar actividades bimanuales.

Cuando el niño esté preparado, se le colocará la prótesis y será entonces cuando se comience el entrenamiento protésico. Los objetivos de este entrenamiento son los siguientes:

- Aprender a cuidar apropiadamente la prótesis.
- Aprender a colocar y retirar la prótesis
- Entrenamiento funcional: el paciente se entrenará en el uso de la prótesis. Deberá colocarse frente a un espejo, para que pueda ver los movimientos que realiza su prótesis, y así los interiorice mejor y pueda corregirlos si es necesario. Comenzará con movimientos amplios, globales y sencillos; para ir complicándolo con el tiempo.
- Entrenamiento de destreza y habilidad: Una vez que el paciente conoce y controla los movimientos que debe realizar para mover su prótesis, se planificarán actividades para perfeccionarlos y así conseguir la mayor destreza posible en el uso de la prótesis. De este modo iremos introduciendo actividades en las que tenga que combinar todos los movimientos de la prótesis.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Es en este último objetivo en el que se basa nuestra aplicación. Una vez que el paciente es capaz de mover la prótesis, podrá entrenar la habilidad y destreza de sus movimientos a través de los juegos de la aplicación.

### **2.2.2 El aprendizaje mediante el juego.**

En este apartado vamos a explicar los beneficios que proporciona la utilización de juegos en el entrenamiento o aprendizaje de los niños, las características que deben tener y las ventajas del uso de las TIC en el entrenamiento.

Según la Real Academia de la Lengua Española, el juego se define como el ejercicio recreativo, sometido a reglas, en el cual se gana o se pierde. Sin embargo, el juego implica muchas más cosas además de ganar y perder. El juego, representa la posibilidad de explorar el propio entorno y de desarrollar relaciones lógicas a través de las interacciones con objetos, medios y personas. (Cabrero, J. (2006). Bases pedagógicas del e-learning. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento. Recuperado de [www.uoc.edu/rusc](http://www.uoc.edu/rusc))

Hoy en día, dada la predisposición de las personas a la competición y al juego, numerosas empresas, organizaciones e instituciones han descubierto el potencial de los juegos para promover determinadas acciones en sus usuarios. También en el campo de la educación se está empleando la estrategia de incorporar los juegos como medio de aprendizaje. Las principales ventajas que presenta el uso de los juegos se pueden resumir en las siguientes:

- Promueven la participación
- Proporcionan una experiencia de aprendizaje personalizada
- Permiten experimentar diferentes soluciones y puntos de vista

Ahora bien, a la hora de desarrollar un juego para el aprendizaje del niño, es importante tener en cuenta una serie de factores, resumidos en el gráfico mostrado en la figura 7:

En primer lugar es importante la “Anticipación”. El niño debe tener la madurez suficiente para que esté dispuesto a realizar la actividad y así aprovechar el aprendizaje. Para ello, es importante crear expectación, deseo y curiosidad en el niño. Un juego con “Sorpresas” logrará despertar el interés del niño, beneficiando la apreciación que éste tenga del juego.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

La actividad debe ser una fuente de “Placer”. El niño debe divertirse cuando esté participando. También es muy importante el factor “Comprensión”. El juego debe estar pensado para el niño (sencillez) Otras características importantes a tener en cuenta en el desarrollo de los juegos, es que estos requieren la “Fortaleza” del niño que deberá adquirir cierta dedicación, astucia y creatividad, así como “Aplomo” para desarrollar la actividad con calma y serenidad.



**Figura 7: Elementos del juego**

**Fuente: “El Juego como estrategia de aprendizaje” [www.etwinning.es](http://www.etwinning.es)**

Finalmente, y dado que este trabajo trata sobre el desarrollo de una aplicación interactiva, basada en el aprendizaje a través del juego en un soporte tecnológico, debemos hablar sobre las TIC y las ventajas que suponen en el ámbito educativo:

- Generan interés y motivación
- Posibilitan una interacción y continua actividad intelectual
- Permiten el aprendizaje de los errores
- Desarrollan las habilidades de búsqueda y selección de la información
- Mejoran las competencias de expresión y creatividad
- Permiten visualizar simulaciones

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Todos los aspectos tratados en este punto, junto con los identificados durante el análisis de requisitos (Capítulo 3), se han tenido en cuenta a la hora de diseñar los juegos que va a contener nuestra aplicación.

### 3 Análisis

---

En este capítulo vamos a desarrollar las actividades realizadas para educir el conjunto de requisitos, funcionales y no funcionales, que conforman la base para el diseño de todos los aspectos de la aplicación.

Antes de describir el proceso que hemos seguido para la obtención de requisitos, es importante entender que vamos a diseñar la aplicación centrándonos en el uso que se va a hacer de ella. Este modelo de diseño está orientado a las verdaderas necesidades del usuario y, por ello, para definir los requisitos de nuestro modelo, hemos llevado a cabo una serie de reuniones con profesionales de diferentes ámbitos.

#### ***3.1 Brainstorming inicial y primer prototipo: boceto.***

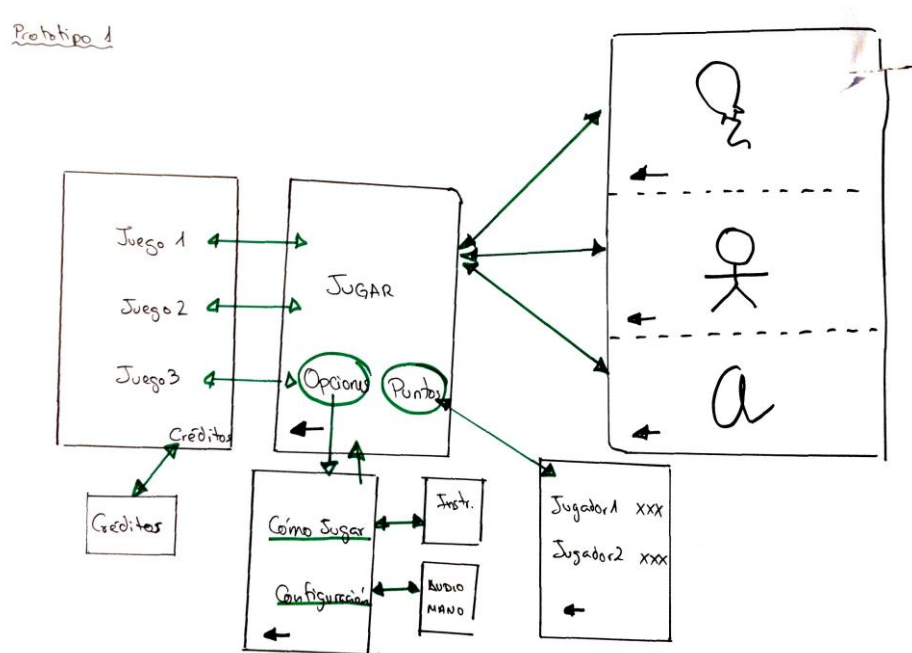
El primer paso en esta definición de requisitos fue una lluvia de ideas o “Brainstorming” que llevé a cabo en colaboración con mi tutora en este proyecto, Rosa María Carro. En esta reunión sacamos algunas ideas importantes como la creación de un perfil de usuario o la posibilidad de jugar sin registrarse, la posible interacción por voz, algunas ideas de posibles juegos, la posibilidad de adaptarlos según la edad, etc.

Con estas ideas pude realizar un primer boceto (ver figura 8), que me sirvió para mi siguiente reunión, que tuvo lugar con Martha Medcalf, Fisioterapeuta del hospital de Torreldones y Terapeuta ocupacional. En esta reunión estuvimos charlando sobre las amputaciones, sus causas, su epidemiología en niños, los tipos de prótesis existentes, las necesidades de entrenamiento que tenían los niños y los movimientos que debían practicar para una correcta rehabilitación (movimiento de los dedos y movimiento pinza).

Tras esta reunión contacté con una profesora especializada en educación especial. Ella me explicó los beneficios de los juegos en el aprendizaje infantil, y qué características debían tener los juegos para que éstos fueran realmente útiles en la rehabilitación de los niños.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

Con la información obtenida de las dos reuniones, comencé a definir la idea de los juegos concretos que podrían ayudar a la rehabilitación.



**Figura 8: Prototipo 1: Boceto**

**Fuente: Elaboración propia**

### ***3.2 Propuesta de juegos para el entrenamiento funcional:***

Ahora que ya conocemos qué objetivo persigue nuestra aplicación (logro de habilidad y destreza) y las ventajas que suponen la utilización de los juegos y las TIC en el aprendizaje (entrenamiento) de los niños, vamos a describir los juegos que contiene nuestra aplicación, así como la función que pretenden desarrollar.

Mi aplicación va a estar formada por 3 juegos distintos que pretenden entrenar 3 funciones diferentes de la prótesis mioeléctrica. Los juegos se llamarán “Globos”, “Prendas” y “Formas”. A continuación, desarrollaremos cada uno de ellos, explicando sus características lúdicas (objetivo y reglas del juego) y sus características rehabilitadoras (la función que entrenan). Para ilustrar las descripciones utilizaremos las figuras 11, 12 y 13, que corresponden a capturas de la maqueta de bajo nivel que se desarrolla más adelante, en el capítulo 4 de diseño.

Para la utilización de la aplicación serán necesarios los siguientes materiales: guantes “touchscreen” y bolígrafo apto para tabletas. La necesidad del uso de un guante viene de

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

las pantallas capacitivas que tienen las tabletas a las que va dirigida esta aplicación. Las pantallas capacitivas detectan las variaciones eléctricas en su superficie y, como el ser humano es conductor de la electricidad, funcionan mediante el contacto directo de la piel. Como las prótesis no tienen esta propiedad conductora, es necesario el uso de guantes “touchscreen” (ver figura 9). Estos guantes están tejidos con materiales conductores (hilos de nylon bañados en plata) que transmiten la electricidad desde un extremo al otro del guante. Lo único que necesitamos es que alguna parte de la piel (muñeca o codo) entre en contacto con el guante.



**Figura 9: Guantes conductores**

**Fuente: [www.applesfera.com](http://www.applesfera.com)**

El bolígrafo (ver figura 10) es necesario para uno de los juegos (el de las formas), como parte de la terapia rehabilitadora. Los detalles sobre el uso del bolígrafo en la terapia se ofrecerán durante la descripción del juego. Cabe destacar que ambos objetos, guantes y bolígrafo, están a la venta en cualquier tienda online o establecimiento físico dedicados a la electrónica, a un precio asequible para cualquier consumidor, permitiendo que se cumpla uno de los objetivos principales del proyecto, que es dar soporte a la rehabilitación desde casa.



**Figura 10: Bolígrafo óptico bamboo**

**Fuente: Bestbuy**

### **3.2.1 Globos:**

El objetivo lúdico del juego es explotar el máximo número de globos en el menor tiempo posible. En la pantalla del juego (ver figura 11) aparecerá un escenario con una franja de césped en la parte inferior y un cielo azul en el resto de la pantalla. El jugador deberá apoyar la muñeca en el césped y pulsar el botón de empezar a jugar para que los globos comiencen a salir.

Dado que las prótesis sólo tienen movimiento en los dedos pulgar, índice y corazón, la aplicación lanzará los globos desde puntos diferentes en función de la mano que utilice el jugador (izquierda o derecha).

El objetivo rehabilitador del juego es que el jugador mueva los dedos hacia arriba, abajo, izquierda y derecha. Es importante que la muñeca permanezca siempre apoyada sobre el césped, para que el movimiento sea únicamente de los dedos y no del brazo.



**Figura 11: Juego “Globos”**

**Fuente: Elaboración propia**



### 3.2.2 Prendas:

Este juego emula al clásico juego de “Los Recortables”. Hay un muñeco (chico/chica) que el niño deberá vestir en función de sus preferencias. Podemos observar, en la figura 12, que la pantalla se divide en dos partes: en la parte superior aparecerá el muñeco y, en la parte inferior aparecerá la ropa y complementos con los que vestir al personaje.

El objetivo rehabilitador del juego es que el niño sea capaz de realizar el “movimiento pinza” es decir, coger objetos con los dedos pulgar e índice.



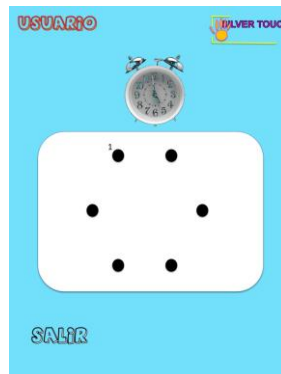
**Figura 12: Juego “Prendas”**

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.2.3 Formas:

El objetivo de este juego es que el niño sea capaz de seguir los puntos y completar la forma antes de que se acabe el tiempo. Para ello, el niño utilizará un bolígrafo apto para tabletas. (Ver figura 13).

En este caso, el objetivo rehabilitador del juego es que el niño sea capaz de sujetar un objeto, ligeramente pesado, entre los dedos, y que sea capaz de manipularlo para que realice el movimiento que el niño desea.



**Figura 13 Juego “Formas”**

**Fuente: Elaboración propia**



Point” de Microsoft. Podremos ver la maqueta, así como una breve descripción de cada decisión tomada, en el siguiente capítulo, “Diseño de la solución”.

Este prototipo es prácticamente idéntico a la aplicación, y con él, descargado en un iPad real, pude realizar la última entrevista con un grupo de expertos formado por: fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, profesores de infantil y un médico rehabilitador.

La reunión comenzó mostrándoles la maqueta emulando una conexión real. Al terminar la presentación, se les proporcionó un cuestionario en el que se hacían preguntas sobre la funcionalidad y apariencia de la aplicación. Al recoger el feedback de los profesionales (ver más detalles en el Capítulo 6) pude comprobar que el diseño estaba en la buena dirección, que los requisitos definidos, que a continuación explicamos, así como la forma de satisfacerlos, eran los adecuados para esta aplicación.

### ***3.4 Requisitos funcionales (RF)***

Los requisitos funcionales definen las funciones del sistema de software o sus componentes, es decir, establece el comportamiento que debe tener el sistema, y, por lo tanto, definen lo que el sistema debe hacer. A continuación vamos a explicar qué funciones debe tener nuestra aplicación. Para ello, vamos a diferenciar entre los requisitos de “Juego Libre” (no es necesario registrarse para jugar), los que aplican al usuario registrado y los que son comunes para los dos.

#### **3.4.1 Requisitos Juego Libre**

**RF1: Juego libre.** Se desarrollará una aplicación en la que el usuario podrá jugar libremente sin necesidad de iniciar sesión. Podrá jugar a cualquier juego implementado sobre la aplicación y los resultados obtenidos se almacenarán como usuario anónimo.

#### **3.4.2 Requisitos Usuario Registrado:**

**RF2: Acceso.** Se desarrollará una aplicación con la posibilidad de acceder al sistema con un usuario registrado. Esto permite almacenar la información sobre las interacciones del usuario registrado con los juegos para su posterior análisis.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

- En la pantalla inicial se ofrecerá una opción para “Iniciar Sesión”.
- Se introducirá el nombre de usuario con el que se registró y la contraseña.
- Si el usuario es erróneo, deberá devolver un error, indicándolo, y deberá ofrecer la posibilidad de volver a acceder.
- Si el usuario es correcto, nos devolverá a la pantalla de inicio y en la parte superior izquierda nos indicará el nombre de usuario de la sesión iniciada.
- Si no se dispone de usuario registrado, en la pantalla de “Iniciar Sesión” deberá dar la opción de “Registro” [RF3]

**RF3: Registro.** Se desarrollará una aplicación con la posibilidad de crear nuevos usuarios. Para ello:

- En la pantalla inicial, al seleccionar la opción de “Iniciar Sesión”, se deberán mostrar las opciones de “Registro”.
- El sistema deberá solicitar los datos al usuario. Los campos obligatorios para el registro en el sistema serán: nombre, apellidos, contraseña, nombre de usuario, edad, sexo y mano que se va a utilizar.
- Una vez aceptado el registro, el sistema deberá almacenar los datos en la base de datos para su posterior consulta.

**RF4: Consulta de datos.** La aplicación deberá incluir la posibilidad de consultar los datos del usuario en cualquier momento.

- Al pulsar el nombre de usuario con la sesión iniciada, se deberá presentar una pantalla donde se muestren los datos del usuario.

**RF5: Cierre sesión.** La aplicación debe incluir la posibilidad de cerrar una sesión activa.

- Cuando se pulse el nombre de usuario con la sesión iniciada, se accederá a una pantalla donde se muestran los datos del usuario y, desde ahí, se ofrecerá la opción de cerrar la sesión.

**RF6: Modificación de datos.** La aplicación deberá permitir la modificación de los datos del usuario en cualquier momento.

- Al pulsar el nombre de usuario con la sesión iniciada, se presentará una pantalla donde se muestren los datos del usuario y, desde ahí, se deberá ofrecer la posibilidad de editar los datos.
- Cuando el usuario acepte los cambios, se deberán actualizar los datos sobre la base de datos.

### 3.4.3 Requisitos Comunes:

**RF7: Elección de juego.** Se desarrollará una aplicación con varios juegos en el que cada juego desarrollará una habilidad específica del entrenamiento.

- El usuario podrá seleccionar desde la pantalla inicial el juego al que desee jugar.

**RF8: Abandono de la partida.** La aplicación deberá permitir abandonar el juego en cualquier momento.

- El usuario podrá seleccionar la opción “Salir” en la esquina inferior izquierda de todos los juegos.
- El botón “Salir” dará la opción de “Abandonar la partida” o “Continuar Jugando”.

**RF9: Visualización de puntuaciones.** La aplicación deberá ofrecer la posibilidad de consultar las puntuaciones obtenidas por cada jugador almacenado en la base de datos, categorizados por los distintos juegos.

- El usuario accederá a cada juego y desde ahí podrá acceder a las puntuaciones pulsando el botón habilitado para ello.

**RF10: Visualización de los créditos.** La aplicación permitirá visualizar los créditos, que se componen de los nombres de los desarrolladores de la aplicación, las herramientas usadas para su desarrollo y la documentación utilizada.

- El usuario podrá acceder pulsando el botón de créditos desde la pantalla principal.

### 3.5 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales son los que hacen referencia a los criterios que pueden usarse para juzgar la operación de un sistema, es decir, los aspectos de la aplicación no relacionados con la funcionalidad o el comportamiento. En este caso hemos diferenciado entre requisitos de interacción e interfaz y otros requisitos no funcionales:

### 3.5.1 Requisitos de interacción e interfaz:

**RI1: Interfaz amigable:** Se desarrollará una interfaz que permita un uso cómodo y agradable con pocos botones en la pantalla y un diseño simple (RI3).

**RI2: Usabilidad.** Se desarrollará una aplicación fácil de usar para una interacción óptima con los usuarios finales. Se evitará el uso de metáforas complejas.

**RI3: Simplicidad.** Se desarrollará una aplicación con una lógica simple para facilitar al usuario final la comprensión del mecanismo del juego y la interacción en sencillos pasos. Las tareas se subdividirán en tareas más simples, y habrá pocos botones y dibujos, tan solo los necesarios para la consecución de las tareas correspondientes.

**RI4: Mensaje del sistema:** el sistema utilizará un vocabulario sencillo, con palabras clave para la aplicación y frases en tono positivo.

**RI5: Tipo de interacción:** La aplicación se desarrollará para ser utilizada a través de una interfaz multicontacto, haciendo uso de un estilo de interacción sencillo: “drag and drop”, pulsar, movimientos suaves, etc.

**RI6: Consistencia:** El funcionamiento será siempre el mismo: seleccionar opción y volver al menú anterior.

**RI7: Memoria Humana:** Las instrucciones han de ser claras, con pocas opciones, indicando siempre cómo continuar hacia delante o volver hacia atrás.

**RI8: Aspectos cognitivos:** Se debe minimizar la necesidad de que el usuario realice transformaciones mentales. Los botones indicarán la palabra de la acción que representen, requiriendo muy poco esfuerzo por parte del usuario. En la aplicación se utilizarán “palabras significativas” e iconos visuales, como flechas que indiquen el siguiente paso.

**RI9: Acciones reversibles:** En las pantallas siempre deberá aparecer una flecha que permita ir un paso hacia atrás, para permitir volver al menú anterior en caso de haber seleccionado una opción incorrecta o indeseada.

### 3.5.2 Otros requisitos no funcionales:

**RNF1: Escalabilidad.** Se desarrollará una aplicación escalable para poder aprovecharla en un futuro y poder implementar más juegos o actividades.

**RNF2: Seguridad.** Para aumentar la seguridad de los datos, los usuarios registrados requerirán de una contraseña de acceso a sus datos personales que irán cifrados mediante una función “Hash”.

**RNF3: Mantenibilidad.** Se desarrollará todo el código debidamente comentado y organizado para facilitar un posterior mantenimiento.

**RNF4: Estabilidad.** Se desarrollará usando todos los posibles métodos de control de errores para evitar un fallo en el sistema irrecuperable.

**RNF5: Eficiencia.** Se desarrollará la aplicación de manera eficiente para que el consumo de recursos sea mínimo y la experiencia del usuario con la aplicación sea satisfactoria.

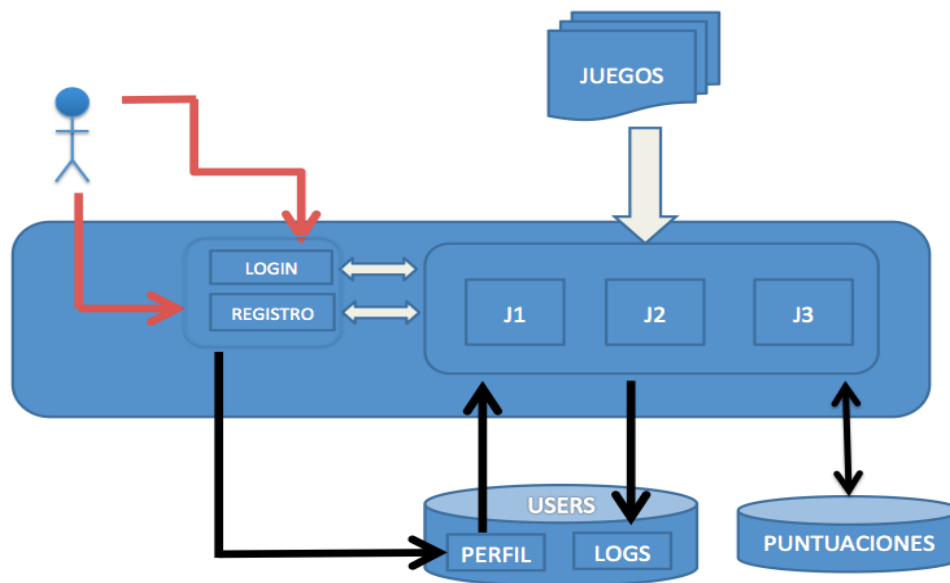
**RNF6: Modularidad.** Se desarrollará la aplicación de manera modular, para poder desarrollar más juegos en un futuro. Esto es, cada juego es un módulo de la aplicación, y cada uno de ellos funciona de manera independiente.



## 4 Diseño de la solución

---

En este capítulo vamos a explicar el diseño final de la aplicación visto desde diferentes puntos de vista. Empezaremos con un resumen del esquema general de la aplicación y continuaremos con las descripciones de la interacción, la interfaz y la estructura de datos utilizada. Para explicar el esquema general de la aplicación vamos a apoyarnos en el siguiente gráfico:



**Figura 15: Esquema general de la aplicación**

**Fuente: Elaboración propia**

Como podemos observar, en la figura 15, hay un actor o usuario que se registra en la aplicación o inicia sesión a través de un login, los datos de usuarios están almacenados en la base de datos Users. Cada vez que el usuario entra en la aplicación mediante el login, puede acceder a cualquiera de los tres juegos que se cargan de un archivo de configuración cuando el usuario accede a dicho juego. Al acabar de jugar, el sistema registra todos los logs (acciones realizadas, tiempos, etc.) en la base de datos así como las puntuaciones obtenidas en el juego para su posterior consulta.

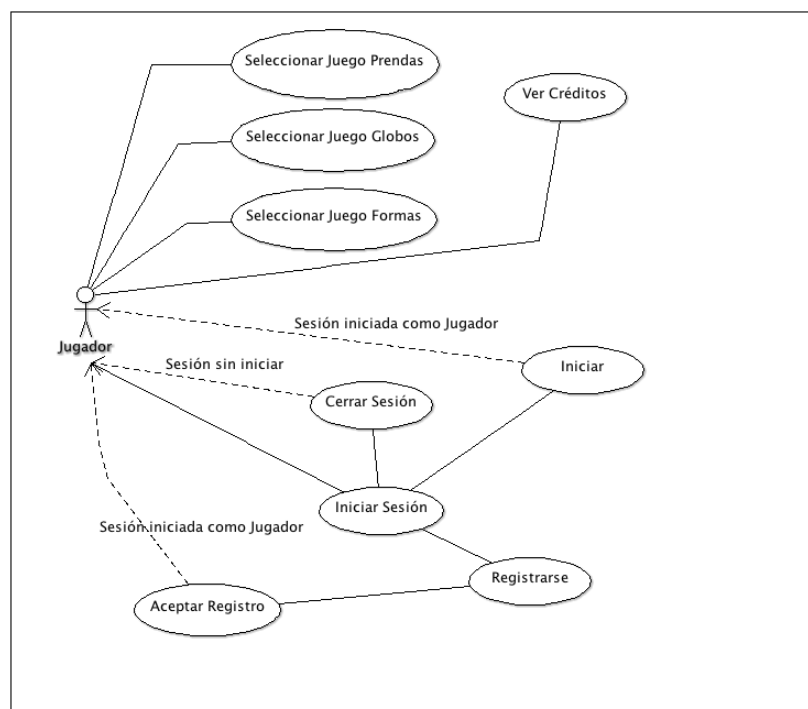
### 4.1 Diseño de la interacción

En este apartado vamos a definir la interacción entre el usuario y la aplicación mediante un diagrama de casos de uso. Para comprender este diagrama debemos entender

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

el significado de los objetos utilizados: el muñeco representa al actor principal, los globos implican acciones y las flechas señalan la conexión entre las acciones (si tienen la línea continua significa que el jugador debe realizar alguna acción para continuar a la siguiente, mientras que si tienen la línea discontinua implican que por el hecho de haber comenzado una acción, el sistema le llevará automáticamente a realizar la siguiente).

Para facilitar su visualización, hemos dividido el diagrama en dos partes, aunque en realidad se trata de uno solo. A continuación mostramos la figura 16, que corresponde a la primera parte del diagrama



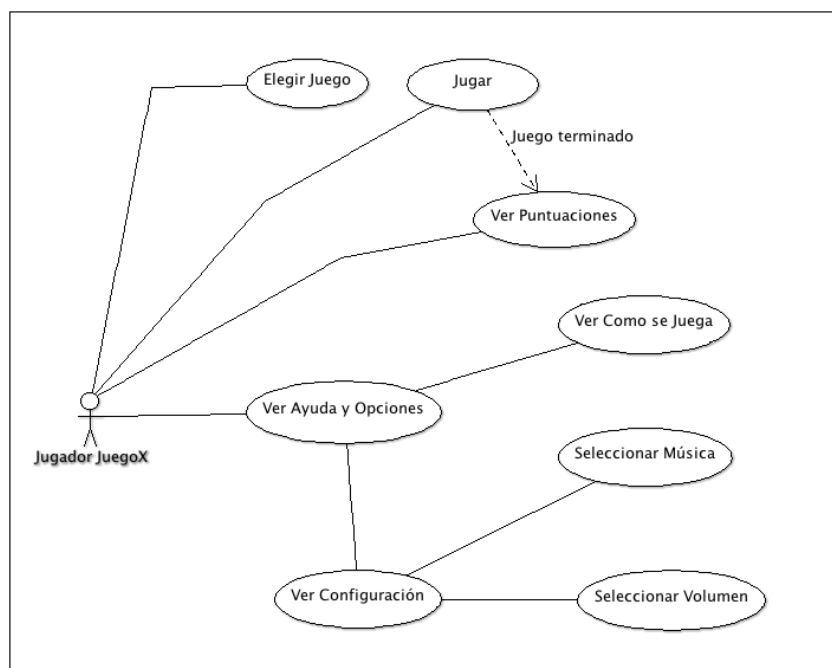
**Figura 16: Diagrama Casos de uso 1**

**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 16 podemos ver al actor principal (Jugador) que se enfrenta a las siguientes posibles acciones: seleccionar un juego (Prendas, Globos o Formas), ver los créditos o iniciar sesión. Si selecciona un juego pasaríamos a la segunda parte del diagrama, que será explicada más adelante. En esta primera parte del diagrama destaca la opción de Iniciar sesión, opción que genera otras posibilidades de decisión: iniciar (si el usuario ya está registrado), registrarse (como nuevo usuario) o cerrar sesión en el caso de que el jugador ya tenga la sesión iniciada. En todos los casos, el jugador termina de nuevo en la pantalla inicial.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

A continuación, en la figura 17, mostramos la segunda parte del diagrama. En esta sección el jugador ha elegido uno de los juegos y se le plantean las siguientes opciones: jugar, ver puntuaciones, ver ayuda y opciones o volver a la pantalla de selección de juegos (inicial). Observamos que el jugador puede acceder a la pantalla de puntuaciones directamente o, cuando termina el juego, automáticamente llevado por el sistema. Ver ayuda y opciones dará al jugador la posibilidad de acceder a otras dos pantallas: cómo se juega y ver configuración. Esta última le llevará a su vez a otra pantalla en la que podrá seleccionar la música y el volumen de la misma.



**Figura 17: Diagrama de casos de uso 2**

**Fuente: Elaboración propia**

### ***4.2 Diseño de la interfaz***

En este apartado vamos a mostrar el diseño final de la aplicación con las diapositivas que conforman el prototipo final del Software. Antes de mostrar las pantallas que la componen vamos a señalar los aspectos generales del diseño de la aplicación. En el capítulo anterior vimos los requisitos que habíamos definido tras una serie de reuniones con especialistas, para el diseño de nuestra aplicación. Ahora, vamos a ver como esos requisitos que definimos se plasman en la realidad.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

El aspecto predominante en el diseño es la sencillez. Hay pocos elementos por pantalla, los colores son siempre los mismos (color vivo que atrae la atención del usuario, pero que se mantiene siempre igual para no distraerlo de los botones de cada pantalla), los botones no tienen dibujos, sino palabras que expresan la acción que se va a realizar. Además, las tareas llevan a tareas más sencillas y las acciones siempre son reversibles.

A continuación se describen las pantallas que deberá tener la aplicación desarrollada: Empezamos por la pantalla inicial (figura 18). En ella aparecen varios elementos fundamentales: los juegos, el botón de iniciar sesión y el de créditos.



**Figura 18: Pantalla Inicial**

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con los requisitos definidos en el capítulo anterior, el usuario podrá registrarse o jugar en “modo libre”. Si el jugador decidiese registrarse, pulsaría el botón de “Iniciar sesión”, lo que le llevaría a la siguiente pantalla en la que se le solicita el usuario y la Password. Si es la primera vez que se conecta, en la misma pantalla también tendrá la opción de registrarse.



**Figura 19: Pantallas “Inicio Sesión” y “Registro”**

**Fuente: Elaboración propia**

En el caso de que el usuario se esté registrando, como ya comentamos al presentar los requisitos, el sistema le pedirá rellenar una serie de campos (figura 19). Estos datos son importantes por dos motivos: (i) seleccionar la mano con que se va a jugar es importante porque afecta al movimiento de los globos en el juego y (ii) el resto de campos que no son usuario y contraseña, nos servirán para recopilar información estadística en función de los resultados obtenidos.

Una vez que el usuario está registrado, el sistema le llevará de nuevo a la pantalla inicial para que pueda escoger el juego. Esta vez, en la pantalla, en la esquina superior izquierda, aparecerá el nombre del usuario que se ha registrado (ver figura 20).



**Figura 20: Pantalla Inicial, usuario registrado**

**Fuente: Elaboración propia.**

Por ejemplo, supongamos que el usuario selecciona el juego de los Globos y accede a la siguiente pantalla (figura 21). Desde ella podrá acceder a las tareas concretas de jugar,

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

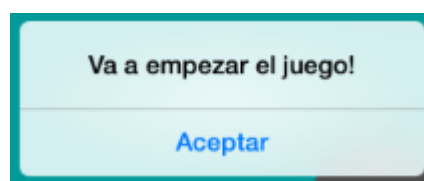
ayuda y opciones o puntuación, cumpliéndose así el requisito de ir de tareas más grandes a subtareas o tareas más sencillas.



**Figura 21: Menú principal del juego**

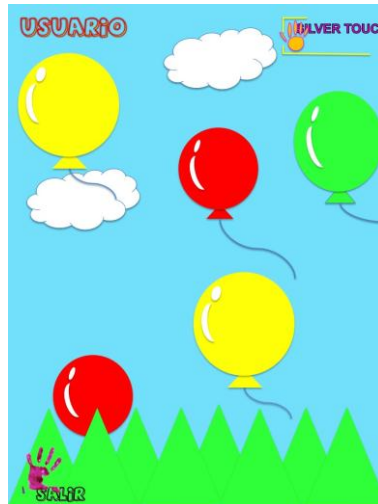
**Fuente: Elaboración propia**

Cuando el usuario entra en el juego, le aparecerá el mensaje que se muestra en la figura 22 y, cuando el jugador acepte, el tiempo empezará a correr y el usuario podrá empezar a explotar globos. Los globos se mueven aleatoriamente por la pantalla (figura 23), pero se situarán por el lado izquierdo o derecho de la pantalla dependiendo de la mano en la que tenga la prótesis, que previamente habrá seleccionado al registro de su usuario (ver figura 19) y, cuando el jugador pulsa sobre ellos explotan. Al explotar los globos sonará un sonido que sirve de retroalimentación al jugador sobre su acción. Dependiendo del número de globos explotados, el juego decidirá finalizar la partida o incrementar el nivel aumentando la velocidad con que se mueven. El juego terminará cuando el jugador explote todos los globos o se le acabe el tiempo. A continuación aparecerá el registro de puntuaciones (ver figura 27)



**Figura 22: Mensaje Inicio del juego**

**Fuente: Elaboración propia**

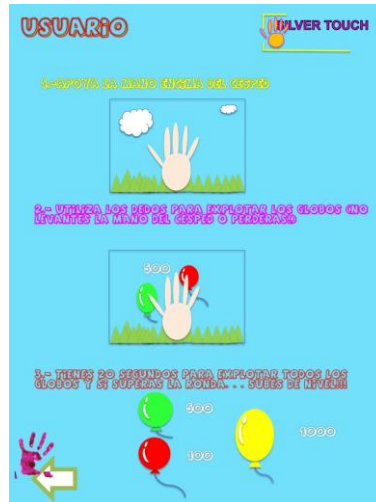


**Figura 23: Pantalla Juego “Globos”**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Al pulsar sobre el botón de “ayuda y opciones” (en la pantalla mostrada en la figura 21), el usuario accederá a otro submenú que ofrece la opción de ver o bien las reglas o bien la configuración del juego (ver figura 24). La pantalla de “Cómo se juega” (mostrada en la figura 25) ha sido elaborada también conforme a todos los requisitos mencionados en la introducción de este capítulo. Concretamente, se ha tratado de utilizar un vocabulario sencillo, pocas instrucciones claras, y sin metáforas complejas. Los elementos dibujados tratan de simular la realidad de la forma más próxima posible.



**Figura 24: Submenú ayuda y opciones**  
**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 25: Pantalla “Cómo se juega”**

**Fuente: Elaboración propia.**

Por otra parte, si el usuario selecciona “configuración”, el sistema le conducirá a otra pantalla donde podrá modificar algunos parámetros del juego, como el volumen o la activación/desactivación de la música, tal y como se puede observar en la figura 26.



**Figura 26: Pantalla “Configuración”**

**Fuente: Elaboración propia.**



## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Si seleccionamos “puntuaciones” en la pantalla “menú principal del juego” (figura 21) se accederá al registro de las puntuaciones de los usuarios, podemos ver en la figura 27 que aparecen los usuarios a la izquierda con sus respectivas puntuaciones en la parte de la derecha.



**Figura 27: Pantalla “Puntuaciones”**

**Fuente: Elaboración propia.**

El diseño del resto de juegos ha seguido la misma dinámica. Orientados a la simplicidad, con vocabulario sencillo, pocos botones, menús sencillos, etc. Dado que los menús también son iguales, a continuación mostraremos únicamente las pantallas que se han desarrollado explícitamente para dar soporte a la interacción con los otros dos juegos.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Como explicamos en el capítulo de análisis, el juego “Prendas” emula al tradicional juego de los recortables. Al iniciar el juego, aparecerá la pantalla dividida en dos vistas (ver figura 28). En la parte superior, sobre un fondo de armario, aparecerá la imagen de una muñeca. En la parte inferior se mostrarán unas pestañas que agruparán las prendas por tipo de complemento. Para vestir a la muñeca, el jugador deberá seleccionar la prenda mediante un movimiento “pinza”, como si estuviera cogiendo la prenda. Este movimiento ampliará de tamaño la prenda y, a continuación, el usuario deberá arrastrarla hasta colocarla sobre la muñeca. Cuando el jugador coloque la prenda en el sitio correcto, la aplicación emitirá un sonido, a modo de retroalimentación sobre su acción. Este juego no tiene ni tiempo ni puntuación, ya que sirve a modo de entrenamiento para mejorar la habilidad del usuario.



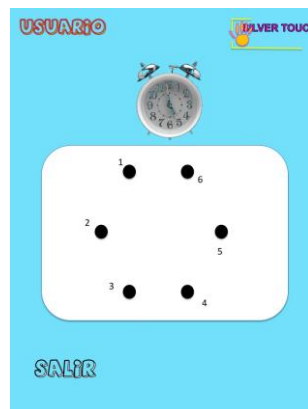
**Figura 28: Pantalla Juego “Prendas”**

**Fuente: Elaboración propia.**

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Al iniciar el juego “Formas”, también aparecerá un mensaje como el del juego “Globos”, indicando que el juego va a comenzar (ver figura 22), ya que también se trata de un juego cronometrado. Al aceptar el mensaje, se mostrará la pantalla del juego (figura 29) en la que se observará una vista que contiene unos puntos numerados en la pantalla que el jugador deberá unir. El jugador, con el lápiz óptico, deberá empezar por el punto 1, tocando con el lápiz sobre ese punto, y deberá ir deslizando el lápiz desde cada punto al siguiente, hasta pasar por todos los puntos en orden. A medida que vaya pasando por los puntos, irán apareciendo las líneas que los unan, formándose la figura poco a poco. El juego terminará cuando el jugador termine la forma, o se acabe el tiempo. Si termina la forma dentro del tiempo, aumentará el nivel del juego, con lo que el usuario tendrá que realizar otra forma, pero esta vez más compleja, con más puntos y más distantes entre ellos.



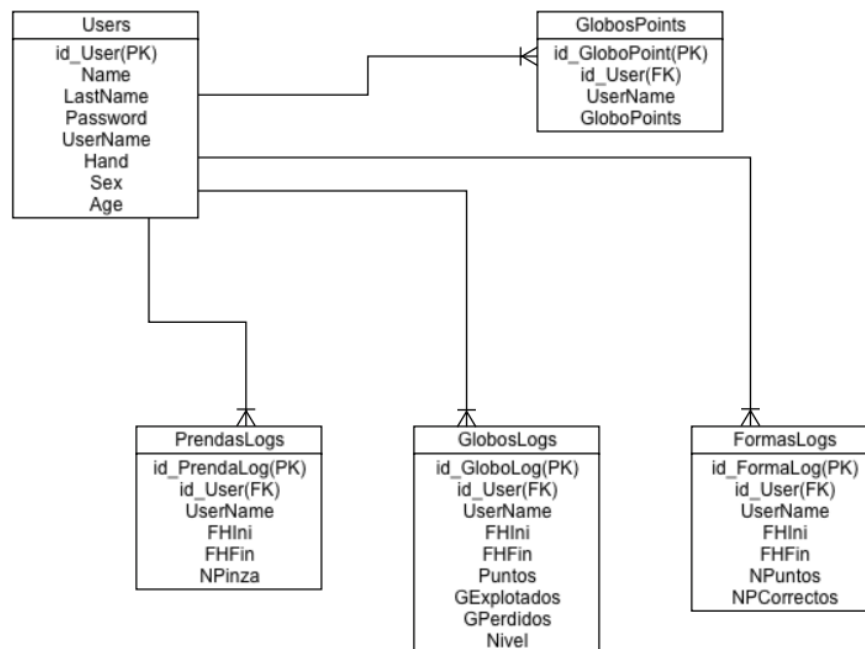
**Figura 29: Pantalla juego “Formas”**

**Fuente: “Elaboración propia”**

### 4.3 Estructura de datos

En este apartado detallamos el diseño realizado de la estructura donde se almacenarán los datos. La estructura posee 5 tablas, la primera es la tabla de usuarios, donde guardaremos todos los datos con los que el usuario se registre, la segunda tabla contiene la puntuación del juego de los globos, ya que es el único juego con puntuación, y tres últimas, son para almacenamiento de logs, existe una tabla por cada juego, donde se almacenarán las acciones que realice el jugador durante el juego, así como cuando las realiza.

La estructura de la base de datos se muestra en la figura 30:



**Figura 30: Diagrama Entidad – Relación**

**Fuente: “Elaboración propia”**

El usuario tiene un id\_User, que es su Primary Key, y que será Foreign Key de la tabla GlobosPoints. Esta a su vez también tiene un id\_GloboPoints como Primary Key.

Las tres tablas de logs tienen cada una su clave primaria, y coinciden con la clave foránea, que es el id\_User de la tabla de usuarios, para tener identificado siempre el log con el que estamos trabajando.

## 5 Desarrollo

El diseño descrito en el apartado 4, se ha plasmado en la aplicación desarrollada, llamada **Silver Touch**. Hemos utilizado las palabras “Silver” y “Touch” por su relación con dos elementos importantes de la aplicación: el guante que transmite la electricidad mediante hilos de plata y la pantalla táctil. Hemos comprobado que no existe ninguna aplicación con el mismo nombre registrado mediante su búsqueda en AppStore y otras páginas de Internet.

He desarrollado el proyecto para la tableta de Apple, iPad, bajo el sistema operativo iOS7. A continuación detallamos todos los componentes y funcionalidades de la aplicación.

### 5.1 Estructura de datos

He decidido desarrollar la base de datos en SQL para que, en un futuro, sea más fácilmente portable para poder llevar esta aplicación a otras plataformas como Android o Windows8. Para crear la Base de Datos, he utilizado “SQLite”, que es un sistema de gestión de bases de datos relacionales, compatible con ACID. En concreto, he utilizado SQLite Manager, que es un complemento de Mozilla Firefox gratuito para la gestión de este tipo de bases de datos.

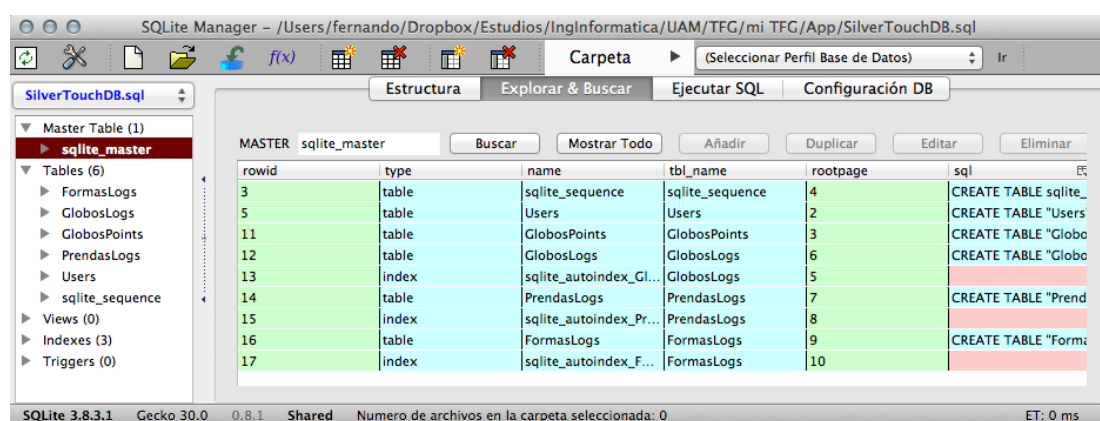


Figura 31: Gestor de Base de Datos “SQLite Manager”

Fuente: Elaboración propia

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

En la figura 31 podemos ver una captura del gestor de bases de datos SQLite Manager con las tablas creadas. Podemos ver que algunas tablas no pertenecen a nuestro diseño, simplemente las genera el propio programa para su gestión.

Podemos ver en la figura 32 la tabla de usuarios con distintos datos almacenados:

TABLE Users							
Buscar							
Mostrar Todo							
Añadir							
Duplicar							
Editar							
Eliminar							
id_Users	Name	LastName	Password	UserName	Hand	Sex	Age
1	Fernando	Garcia	1234	Fer	1	0	27
2	Nombre1	Apellido1	1111	User1	0	0	8
3	Nombre2	Apellido2	2222	User2	0	0	6
4	Nombre3	Apellido3	3333	User3	1	1	7
5	Nombre4	Apellido4	4444	User4	0	0	8
6	Nombre5	Apellido5	5555	User5	1	1	9
7	Nombre6	Apellido6	6666	User6	0	0	10

**Figura 32: Tabla “Users” de la Base de Datos**

**Fuente: Elaboración propia**

La segunda tabla (figura 33), la tabla “Puntuaciones” del juego Globos, muestra el siguiente aspecto:

TABLE GlobosPoints			
Buscar			
Mostrar Todo			
id_GloboPoint	id_Users	UserName	GloboPoints
1	1	Fer	200
2	4	User3	1400
3	2	User1	600
4	1	Fer	800
5	7	User6	1000
6	6	User5	400
7	2	User1	200
8	4	User3	0

**Figura 33: Tabla “GlobosPoints” de la Base de Datos**

**Fuente: Elaboración propia**

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

A continuación mostramos las tres tablas de logs. Los logs del juego de globos en la figura 34, los logs correspondientes al juego de las prendas en la figura 35 y los logs del juego de las formas en la figura 36.

id_GloboLog	id_User	UserName	FHIni	FHFin	Puntos	GExplotados	GPerdidos	Nivel	🔍
1	1	Fer	15/07/201...	15/07/201...	200	1	4	1	
2	4	User3	15/07/201...	15/07/201...	1400	5	2	2	
3	2	User1	15/07/201...	15/07/201...	600	3	2	1	
4	1	Fer	15/07/201...	15/07/201...	800	5	0	22	

**Figura 34: Tabla “GlobosLogs”**

**Fuente: Elaboración propia**

id_PrendaLog	id_User	UserName	FHIni	FHFin	NPinza	🔍
1	1	Fer	12/07/2014 19:56	12/07/2014 19:58	5	
2	3	User2	12/07/2014 20:10	12/07/2014 20:11	2	
3	5	User4	12/07/2014 20:12	12/07/2014 20:15	9	
4	1	Fer	13/07/2014 10:46	13/07/2014 10:47	15	

**Figura 35: Tabla “PrendasLogs”**

**Fuente: Elaboración propia**

id_FormaLog	id_User	UserName	FHIni	FHFin	Npuntos	NPCorrectos	🔍
1	2	User1	17/07/2014 11...	17/07/2014 11...	4	4	
2	1	Fer	17/07/2014 11...	17/07/2014 11...	8	8	
3	4	User3	17/07/2014 11...	17/07/2014 11...	4	3	
4	3	User2	17/07/2014 11...	17/07/2014 11...	8	8	

**Figura 36: Tabla “FormasLogs”**

**Fuente: Elaboración propia.**

## 5.2 Lenguaje

He decidido desarrollado la aplicación para la tableta iPad, ya que los estudios de mercado en cuanto a tabletas (tanto en 2013 como en el primer cuatrimestre de 2014) la colocan líder de mercado, como se puede observar en la figura 37. El sistema operativo sobre el que desarrollaré la aplicación es iOS.

### Market share by manufacturer in Q1 2014

Apple: 32.5%  
Samsung: 22.3%  
Asus: 5%  
Lenovo: 4.1%  
Amazon: 1.9%  
Others: 34.2%  
(source: [IDC](#), May 2014)

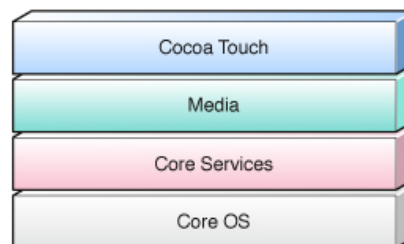
### Market share (based on shipping) by manufacturer in 2013

Apple: 45%  
Samsung: 23%  
Amazon: 6.55%  
(source: [ABI Research](#), June 2014)

**Figura 37: Estudio de mercado**

**Fuente: “The State of the Tablet market”[tabtimes.com](#)**

iOS es el sistema operativo implementado por Apple que permite ejecutar aplicaciones nativas en los dispositivos móviles: iPhone, iPod Touch y iPad. La arquitectura de esta plataforma (figura 38) toma como base el núcleo del sistema Mac OS X e incorpora una nueva capa que da soporte a la interfaz multi-touch.



**Figura 38: Arquitectura de la plataforma iOS**

**Fuente: “Guía iOS: desarrollando aplicaciones para dispositivos móviles” Javier Cala Uribe**

El iOS SDK contiene las herramientas necesarias para desarrollar, probar, ejecutar y depurar las aplicaciones para iOS. Dentro de este kit encontramos las dos aplicaciones fundamentales que he utilizado para el desarrollo:



## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

- XCode (figura 39): Contiene un conjunto de herramientas para el desarrollo de las aplicaciones. Permite editar, depurar y compilar el código fuente.



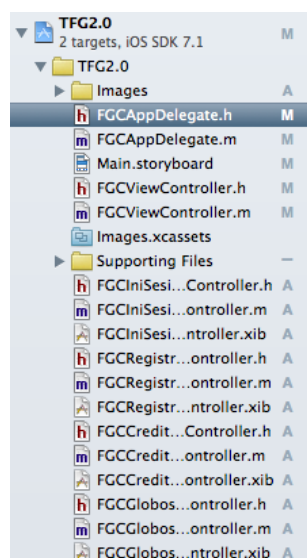
**Figura 39: Logo XCode**

**Fuente: Xcode**

- iOS Simulator: ejecuta las aplicaciones desarrolladas en un emulador del dispositivo.

Al ser un producto de Apple, el lenguaje de programación usado para desarrollar la aplicación es Objective-C, un lenguaje de programación orientado a objetos basado en el lenguaje de programación C. La aplicación se ha desarrollado usando las últimas librerías y objetos que ofrece el sistema operativo iOS7.

El desarrollo de aplicaciones iOS en Objective-C, está estructurado en una clase por cada ventana gráfica de la aplicación (figura 40).



**Figura 40: Estructura de clases del proyecto “SilverTouch”**

**Fuente: Elaboración propia**

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Como el desarrollo de la aplicación se basa en juegos, he usado los objetos SKView contenidos en Sprite Kit, el framework de desarrollo de Videojuegos 2D de Apple. El desarrollo con esta tecnología nos permitió poder darle más vida a los juegos, ya que usa un motor de física de objetos que permite que los mismos interactúen con su entorno.

Los elementos visuales que posee nuestra aplicación han sido minuciosamente estudiados junto con los expertos para que contengan el tamaño adecuado para que el niño pueda pulsarlo sin problemas. Un ejemplo claro lo tenemos en el juego de los globos, en el que hemos tenido en cuenta la mano con la que el usuario está haciendo uso de la prótesis para redimensionar la vista donde se encuentra el juego para comodidad del usuario. A continuación se describen los detalles del desarrollo de la aplicación.

### ***5.3 Desarrollo de la aplicación***

Lo primero que realiza la aplicación es conseguir el “path” de la base de datos para poder trabajar con ella. A continuación, carga las librerías de audio, AudioServices y AVAudioPlayer. AudioServices sirve para reproducir sonidos cortos durante el juego, estos archivos de audio no podrán estar comprimidos, por lo que usamos archivos con extensiones “.wav”, “.aif” y “.caif”. AVAudioPlayer sirve para reproducir archivos de audio más grandes (por ejemplo “.mp3”), pudiendo estos estar o no comprimidos, ya que puede descomprimir a la vez que reproduce. La diferencia entre usar una librería u otra es que, en la primera, el sonido se reproduce prácticamente de forma automática, y se podría usar con la acción de un objeto, mientras que en la segunda la reproducción puede llevar un pequeño retraso (milésimas) y es más adecuada para reproducir música durante el juego.

El desarrollo de la aplicación se compone de ventanas o vistas llamadas UIViewController. En cada vista, como comentamos antes, se genera una clase donde se realizan todas las acciones referentes a esas vistas.

En la pantalla de inicio de sesión, tenemos los campos UITextField de usuario y contraseña. Cuando se introduzca esos datos, se hará una comprobación con la base de datos SQL. La contraseña que se introduce en el campo texto, se cifra mediante una función hash y se comprueba con la almacenada en la base de datos. Si no hay ningún

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

usuario registrado en la aplicación, tenemos visible el botón de iniciar sesión, pero si ya existe un usuario registrado, este botón desaparece y aparece el botón de cerrar sesión.

En la pantalla de registro, tendremos los campos UITextField y dos UISegmentedControl. Los dos últimos son botones combinados de dos elementos. Al pasar sobre uno, se desactiva su pareja. Al escribir la contraseña en el UITextField, esta se cifrará para almacenarla en la base de datos.

Tanto en el inicio de sesión como en el registro, el campo UITextField tiene la propiedad de secureTextEntry activada para que no se muestren los caracteres en claro, sino que los oculte con asteriscos.

En la pantalla de elección de juegos nos encontramos con distintos UIButton que nos llevan a los distintos juegos. Las ventanas de cada juego de “Jugar” y “Opciones y Ayuda” son iguales para cualquier juego que se seleccione.

En la parte superior izquierda de todas las ventanas de la aplicación, se puede ver el usuario que está conectado en cada momento, tanto si es usuario anónimo como si ha iniciado sesión con un usuario registrado. Pulsando sobre ese usuario, se puede acceder a la ventana de inicio de sesión.

### 5.3.1 Juego globos

A continuación pasaré a explicar el juego de los globos. Este juego se compone de un UIView general donde se generarán todos los objetos en tiempo de ejecución.

El primer objeto que se genera es un UIView por donde se moverán los globos. Este UIView se colocará en la parte izquierda o derecha de la aplicación, dependiendo si el usuario tiene la prótesis en una mano o en otra (esto, como ya se comentó, se configura de este modo porque las prótesis solo tienen la movilidad en el dedo pulgar, índice y corazón, así al usuario le resulta más sencillo llegar a alcanzar los globos). Como siempre, en la parte baja del UIView tenemos un UIButton para salir.

A continuación se generan los globos, que son UIButton en un array de objetos. Estos UIButton tienen una serie de propiedades. La primera es la forma del botón. Cada botón carga una imagen de un globo, pero por detrás de la imagen tienen forma de yema de dedo, mejorando el contacto con la pantalla y el movimiento que, a continuación, explicamos. El

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

movimiento es la parte más complicada de la aplicación. Como ya comentamos antes, los objetos SKView del framework Sprite Kit, se usan para el desarrollo de videojuegos en 2D. Estos globos son de la clase UIButton, pero heredan los métodos y atributos de la clase SKView. Estos objetos hay que definirlos con una serie de propiedades: fricción, gravedad, elasticidad y resistencia. Una vez definidos, para que empiecen a moverse, habrá que darles un “golpe” (mediante la función `UIPushBehaviorModeInstantaneous`), indicando el ángulo con el que deseamos que empiece la dirección del movimiento. Además del ángulo, se le asigna una magnitud (fuerza) para definir la velocidad de salida del globo. Con la propiedad de fricción conseguimos que, al rebotar contra algún objeto del entorno, no pierdan fuerza. Al anularles la gravedad, pueden moverse por la pantalla en cualquier dirección. Con la elasticidad, y haciendo uso de la forma ovalada con la que están diseñados los botones (como la yema de un dedo) los botones chocan entre sí y rebotan con un ángulo y fuerza de salida correspondientes al valor que devuelven la funciones de elasticidad y ángulo del objeto. Y anulando la resistencia conseguimos que nunca se frenen.

El último objeto que se genera en este juego es el `NSTimer`. Es un objeto que establece un valor para comenzar a contar, y llama a un método que ejecuta un hilo. Este hilo empieza valiendo 20 (que es el número de segundos que dura cada prueba) y se va reduciendo hasta llegar a cero, momento en el que termina el juego, o hasta que el jugador explota todos los globos. En los dos casos detenemos la ejecución del hilo para liberar recursos.

Con todos estos objetos creados, el juego empieza con un `UIAlertView`, que aparece al comienzo del juego. El jugador irá pulsando los globos, por cada globo pulsado se escuchará un sonido, y cuando se acaben los globos o el tiempo, aparecerá otro `UIAlertView` con juego finalizado. Al aceptarlo, hará una llamada a la clase `FGCGlobosPuntuacionesViewController` y cargará las puntuaciones en la base de datos y a continuación las mostrará en una tabla `UITableView`.

### 5.3.2 Juego prendas

A continuación pasaré a explicar el juego de las prendas. Al ser un juego en el que el usuario elige una prenda para ponérsela al muñeco, tenemos que diferenciar dos `UIView` generales. Cada uno de ellos genera dinámicamente todos los objetos.

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

En el UIView general, tenemos la imagen de fondo del armario de ropa con un muñeco en el centro. Este muñeco es un UIImage estático colocado en unas coordenadas específicas para que, al colocar la ropa sobre el muñeco, preguntando a la función “objeto.frame.origin.x/y” nos devuelva las coordenadas exactas donde se encuentra la ropa y el muñeco, y así poder validar la acción con un sonido.

En el UIView secundario, que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, tendremos un UITabBarController donde, mediante pestañas, podemos controlar las diferentes vistas. En cada una de estas vistas, generamos de manera automática UIImages donde van los distintos tipos de ropa (pantalones, camisetas, zapatos). Y como siempre un UIButton para finalizar el juego.

El desarrollo de este juego no lleva tiempo asociado (al pretenderse tan solo el entrenamiento del movimiento “pinza”). La manera de interactuar con cada uno de los objetos mostrados en la pantalla será usando los gestos de la biblioteca UIGestureRecognizer. El primero será el de “coger” la prenda, movimiento mediante el cual la prenda varía de tamaño, adaptándose al movimiento necesario para colocar la prenda sobre la muñeca. El usuario realiza esta acción mediante el gesto “Pinch”, y luego tendrá que arrastrar el objeto hasta su posición correcta mediante el gesto “Pan”. Como ya hemos dicho, cuando el usuario coloca una prenda en la posición correcta escucha un sonido. Para terminar, simplemente deberá pulsar el UIButton de salir.

### 5.3.3 Juego Formas

El juego “Formas” está compuesto por un UIView general donde se generarán de manera estática unos puntos por la vista. Los puntos son UIImage, con círculos, y UILabel, con un número de secuencia para pasar el lápiz. También tenemos un UIButton para finalizar el juego.

Para el desarrollo del juego, el jugador deberá mover el lápiz de punto a punto en orden numérico creciente. Este movimiento se captura usando objetos de la clase UIKit. Usaremos tres funciones para dibujar la línea. Primero, el comienzo de la trazada, cuando capturamos los puntos donde ha situado el lápiz. En segundo lugar, el movimiento del lápiz. Vamos dibujando con el método CGPointAddLineToPoint la línea sobre el UIView.

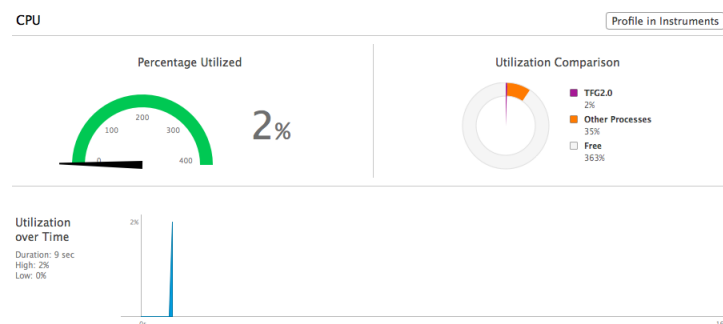
## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

Finalmente, usaremos la tercera función, la de finalización, para comprobar el punto donde ha separado el lápiz de la pantalla.

Al igual que en el juego de los globos, en este también tenemos un NSTimer generado de la misma forma, para contabilizar los segundos que tiene el jugador para terminar de dibujar la figura.

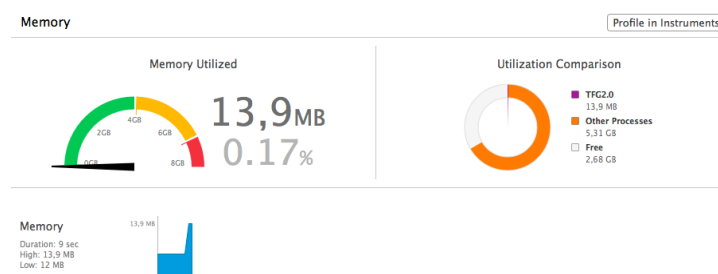
### 5.4 Rendimiento

Al haber hecho uso de hilos y objetos para rendimiento gráfico en 2D, hay que tener muy en cuenta el rendimiento de la aplicación, ya que nos podría suponer ralentización o paradas en ejecución. Para llevar este control he hecho uso de las herramientas de monitorización de CPU y memoria para llevar un control en todo momento (durante la ejecución de la aplicación en el simulador). Como podemos observar en la figura 41 y en la figura 42, el uso de CPU y Memoria está controlado en todo momento y nunca excede los límites normales para la ejecución de la aplicación en un dispositivo real.



**Figura 41: Rendimiento de la CPU**

**Fuente: XCode**



**Figura 42: Rendimiento Memory**

**Fuente: XCode**

## **5.5 Pruebas**

En programación, una prueba unitaria es una forma de probar el correcto funcionamiento de un módulo de código. Nosotros hemos realizado los dos tipos de pruebas típicas en desarrollo de software, de caja blanca y de caja negra.

### **5.5.1 Pruebas de caja blanca**

También llamadas pruebas de lógica, se refiere a la prueba directa de la lógica de clases. Probamos aquí la lógica de los métodos que no interactúan con elementos UI. Las pruebas realizadas son:

- Comprobación tanto de queries SQL como de la manera en la que interactúa nuestra aplicación con las base de datos SQL.
- Pruebas de los algoritmos de movimientos de los objetos.
- Pruebas de compartir la sesión iniciada entre todas las ventanas.
- Pruebas de reproducción de sonido sin interrupción entre las ventanas.
- Pruebas de comprobación de juegos terminados al llegar a objetivo.
- Pruebas de ejecución de los hilo sin problemas de rendimiento.

### **5.5.2 Pruebas de caja negra**

También llamadas pruebas de aplicación, comprueban que las interacciones con los controles UI y que la propia UIViewController de la aplicación nos devuelve los resultados esperados. Para realizar las pruebas de caja negra, interactuamos con todos los elementos de UI de nuestra aplicación comprobando su funcionamiento, las pruebas realizadas son:

- Comprobar que los UIButton realizan la acción deseada dependiendo si el botón se activa al pulsar, al soltar o al mantener el UIButton.
- Comprobar que al llamar a la base de datos para mostrar las puntuaciones en la tabla lo hace de manera correcta.
- Comprobar si existe retraso de los sonidos al pulsar botones.
- Comprobar la generación dinámica de los objetos y la manera en la que estos interactúan.

### **5.5.3 Resultados de las pruebas**

Durante el desarrollo de la aplicación realicé todas las pruebas de caja negra y de caja blanca de manera manual. Al final del desarrollo descubrí que existen herramientas

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

compatibles con XCode para la realización de este tipo de pruebas, así que también las utilicé, como complemento a las pruebas ya realizadas. Para esta en concreto utilicé la herramienta OCUit, que ejecuta un test haciendo comprobaciones de las funciones y objetos declarados en cada clase. En la figura 43 podemos ver el resultado de las pruebas.

```
Test Suite 'All tests' started at 2014-07-12 17:19:09 +0000
Test Suite 'TFG2.0Tests.xctest' started at 2014-07-12 17:19:09 +0000
Test Suite 'TFG2.0Tests' started at 2014-07-12 17:19:09 +0000
Test Case '-[TFG2.0Tests testExample]' started.
Test Case '-[TFG2.0Tests testExample]' passed (0.000 seconds).
Test Suite 'TFG2.0Tests' finished at 2014-07-12 17:19:09 +0000.
Executed 1 test, with 0 failures (0 unexpected) in 0.000 (0.000) seconds
Test Suite 'TFG2.0Tests.xctest' finished at 2014-07-12 17:19:09 +0000.
Executed 1 test, with 0 failures (0 unexpected) in 0.000 (0.000) seconds
Test Suite 'All tests' finished at 2014-07-12 17:19:09 +0000.
Executed 1 test, with 0 failures (0 unexpected) in 0.000 (0.002) seconds
```

**Figura 43: Resultados pruebas unitarias**

**Fuente: Resultado de ejecutar OCUit**

A continuación, en la figura 44, podemos comprobar que la ejecución de todos los test concluyó de forma exitosa.



**Figura 44: Pruebas Unitarias Satisfactorias**

**Fuente: Resultado de ejecutar OCUit**



## 6 Evaluación

---

En este capítulo vamos a explicar la evaluación que se ha realizado de este proyecto. Como hemos comentado en otras ocasiones, esta aplicación se ha realizado con un diseño centrado en el uso. Este modelo está orientado a las verdaderas necesidades del usuario, en este caso las de rehabilitar y, por tanto, la mejor prueba sería con usuarios finales pero, ante la imposibilidad de contar con personas que cumplan el perfil en el momento del desarrollo de este proyecto, se ha llevado a cabo la evaluación por parte de un grupo de expertos.

Como ya comentamos en el capítulo de análisis de requisitos, concertamos una reunión con un grupo de profesionales formado por el equipo de rehabilitación del Hospital de Torrelodones y varios profesores de educación especial que, además de contribuir con su experiencia en las fases iniciales del proyecto, validando los prototipos, han evaluado la aplicación. El grupo está formado por 1 médico rehabilitador, 4 fisioterapeutas, 2 terapeutas ocupacionales y 2 educadores infantiles, especializados en educación especial.

Para la evaluación, primero les mostramos la aplicación y después les dimos un cuestionario para que evaluaran las características y funcionalidad de la misma.

### ***6.1 Cuestionario y resultados***

El cuestionario o encuesta se divide en dos partes: la primera de ellas trata sobre la interacción y la interfaz y, la segunda incluye preguntas sobre la utilidad y usabilidad de la aplicación para la rehabilitación. La encuesta está formada por tres tipos de preguntas diferentes: algunas son de tipo “escala de Likert” con cinco valores, otras son dicotómicas de respuesta sí o no y el tercer grupo está constituido por unas preguntas abiertas. El cuestionario completo se incluye en el Anexo A de la memoria.

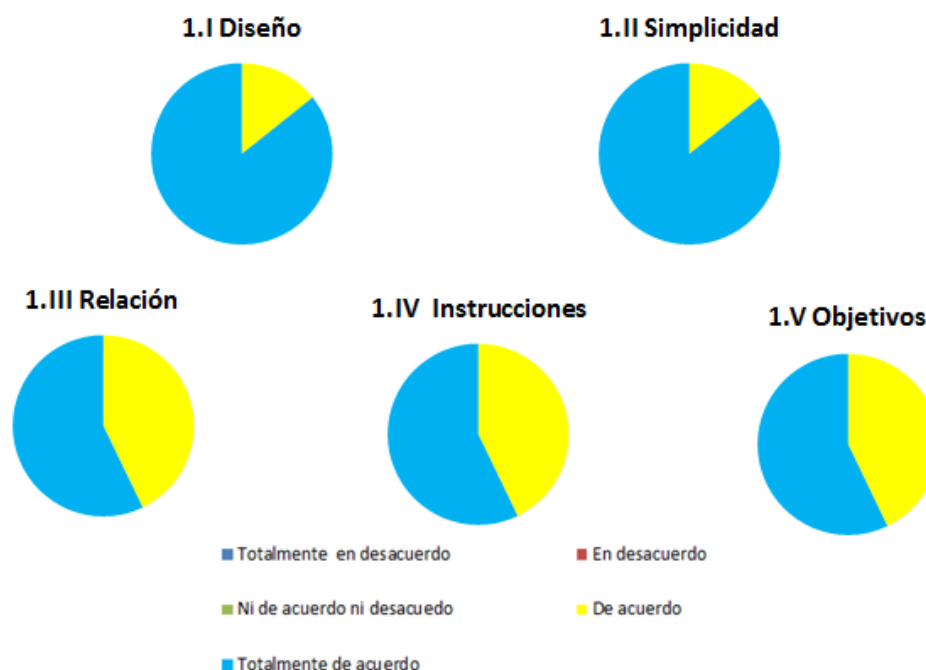
A continuación vamos a mostrar los resultados obtenidos a partir de las respuestas de los profesionales a dicho cuestionario. Empezamos por la primera parte del cuestionario (A) que, como decíamos antes, va dirigida al diseño de la interacción e interfaz. Se les preguntó a los profesionales si consideraban que la aplicación presentaba un diseño amigable, si la transición entre pantallas les parecía adecuada para el uso infantil, si la relación entre el botón y la acción que representaba era evidente, si las instrucciones eran

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

claras y precisas y, finalmente, si se identificaban claramente los objetivos del juego. En las dos primeras preguntas el 86% de los encuestados se encontraba totalmente de acuerdo y el 14% de acuerdo. En las tres siguientes el 57% se encontraba totalmente de acuerdo y el 43% de acuerdo. En ninguna de las preguntas hubo respuestas neutras ni en desacuerdo. La Tabla 1 muestra los porcentajes de las distintas respuestas para cada uno de los aspectos mencionados y la figura 45 los representa por medio de gráficos de “tartas”.

**Tabla 1: Resultados cuestionario (A)**

	1.I Diseño	1.II Simplicidad	1.III Relaciones	1.IV Instrucciones	1.V Objetivos
Totalmente en desacuerdo	0%	0%	0%	0%	0%
En desacuerdo	0%	0%	0%	0%	0%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	0%	0%	0%	0%	0%
De acuerdo	14%	14%	43%	43%	43%
Totalmente de acuerdo	86%	86%	57%	57%	57%



**Figura 45: Gráficos de tartas**

**Fuente: Elaboración Propia**

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

La segunda parte del cuestionario (B) contenía una pregunta técnica dirigida a los rehabilitadores. En ella preguntábamos el tipo de movimiento que se pretendía entrenar con la aplicación y dábamos multitud de respuestas posibles. Todas las posibles respuestas son funciones de la mano. Sin embargo, nuestro proyecto está enfocado al entrenamiento de cuatro de ellas (motricidad fina, propiocepción, pinza dígito pulgar y movimiento de flexión digital). En la Tabla 2, vemos los resultados de la encuesta.

Vemos en amarillo que la mayor parte de los encuestados (80-100%) detectaron los objetivos rehabilitadores que perseguía la aplicación. Además, cabe destacar que otra mayoría, 60% y 80% consideraron que la aplicación era útil para entrenar, además de las funciones objetivo, el deslizamiento lateral digital y el movimiento de extensión digital.

**Tabla 2: Respuestas Cuestionario (B)**

	<b>% Respuestas</b>
Motricidad Fina	80%
Deslizamiento Lateral digital	60%
Sensibilidad	0%
Propiocepción	80%
Motricidad gruesa	20%
Pinza dígito pulgar	80%
Pinza pulpejo	20%
Movimientos de flexión digitales	100%
Movimientos de extensión digitales	80%

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

Para terminar, la última parte de la encuesta estaba formada por tres preguntas en las que se pedía al encuestado que respondiera “SI” o “NO”. En la primera se preguntaba si les resultaba útil la aplicación, en la segunda si consideraban que podría mejorarse y en la tercera si encontraban algún inconveniente en su diseño o uso. En el caso de las dos últimas, se dejaba un espacio para que escribieran aquello en lo que pensaban que la aplicación era mejorable y los inconvenientes que podían encontrar. En la Tabla 3 se muestran los porcentajes de cada opción respondida:

**Tabla 3: Respuestas Cuestionario (B)**

	UTIL	MEJORABLE	INCONVENIENTES
SI	100%	14%	14%
NO	0%	57%	86%
NS/NC	0%	29%	0%

Como podemos observar, el 100% de los encuestados respondieron que la aplicación resultaba útil. Sobre posibles mejoras en la aplicación, el 57% contestó que no encontraba ninguna, el 29% no sabía o no contestaba y el 14% creía que eran posibles. Destacar que estas mejoras se referían a que parecía necesario que el niño supiese leer para poder utilizar la aplicación, y que por ello podría ser interesante desarrollar los botones con dibujos identificativos o con reproducción de voz. En cuanto a los inconvenientes, el 86% considera que no tiene, mientras que el 14% piensa que la obligación de saber leer es un inconveniente, al estar dirigida la aplicación a niños, algunos de los cuales podrían ser pequeños.

### ***6.2 Evaluación sobre los requisitos no funcionales***

A continuación procedemos a evaluar los requisitos no funcionales definidos en el apartado 3.2.2, demostrando cómo se han incorporado estos a la aplicación-

La solución aportada (aplicación), es fácilmente escalable, ya que, mencionando otro requisito, el código está estructurado en módulos, lo que nos permite añadir más módulos, como juegos diferentes o como funcionalidades adicionales dentro del juego (por ejemplo, añadir un nuevo tipo de gesto para el control de los objetos por la pantalla). Todos estos módulos tienen todos los controles de errores posibles para evitar un fallo irreparable en el sistema que cierre la aplicación. Todo el código está debidamente comentado para

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

permitir un mantenimiento en un futuro por desarrolladores ajenos al proyecto. En cuanto a la seguridad, podemos decir que el sistema aporta toda la seguridad necesaria para evitar la suplantación de identidad, ya que las contraseñas están encriptadas usando una función Hash. En cuanto a la eficiencia, como podemos ver en las figuras 41 y 42, los resultados de rendimiento de CPU y Memoria son bastante buenos, ya que tan sólo consume un 2% del procesador y 1,35% de la memoria del dispositivo para el que está diseñado (iPad).

### **6.3 Conclusiones:**

Tras el análisis de los resultados antes expuestos, podemos concluir que el diseño de la interfaz es adecuado para el uso infantil, aunque uno de los principales problemas que ven nuestros encuestados es la necesidad de que el niño sepa leer para poder jugar. Si bien es cierto que nuestra aplicación está orientada a niños mayores de 6 años (coincidiendo con la edad que se recomienda para la terapia rehabilitadora del uso de prótesis mioeléctricas), hemos tenido las consideraciones en cuenta para desarrollar futuras mejoras consistentes en la incorporación de símbolos (en sustitución de las palabras) y mensajes por voz.

En cuanto al objetivo rehabilitador, podemos concluir que la aplicación cumple las necesidades funcionales que pretendíamos entrenar y que, además, parece entrenar otras adicionales.

Por lo tanto, y como conclusión, podemos decir que la aplicación cumple las funciones y requisitos que habíamos identificado, siendo percibida por los expertos como una aplicación útil para el entrenamiento de los niños con amputaciones y que, aun existiendo posibles formas de mejorarla, la aplicación estaría lista para su distribución.



## 7 Conclusiones y trabajo futuro

---

En este capítulo vamos a explicar las conclusiones principales de la elaboración de este proyecto, así como las posibles mejoras que podrían desarrollarse en el futuro:

### 7.1 Conclusiones

La conclusión principal es que he logrado crear una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas, objetivo principal de este trabajo.

Durante el desarrollo de este proyecto he aprendido mucho acerca de los niños discapacitados por amputaciones superiores y de las necesidades que tienen. Este proyecto trata de que el duro entrenamiento que realizan estos niños pueda ser un poco más liviano mediante el uso de juegos y dispositivos interactivos. Si tuviera que enumerar los logros alcanzados, estos serían los siguientes:

- He diseñado una aplicación con actividades y juegos que facilitan el entrenamiento y el uso de las prótesis mioeléctricas.
- He diseñado una interfaz simple y amigable.
- He desarrollado dicha aplicación de modo que pueda ejecutarse en tabletas multicontacto, para que cada uno pueda hacer uso de la aplicación de manera autónoma en su casa, sin la necesidad hacer uso de complicados aparatos en un centro rehabilitador.
- He evaluado el potencial de la aplicación en el entorno de la rehabilitación.

Finalmente, destacar que todo el proceso ha resultado una experiencia personal muy gratificante, por los conocimientos médicos y técnicos adquiridos. Hay que tener en cuenta, que al ser un tema un poco desconocido para mí, la recopilación de información resultó una tarea algo compleja aunque, gracias a la ayuda de muchas personas, pude recabar toda la información necesaria para la educación de requisitos y el diseño de la aplicación.

## ***7.2 Trabajo futuro***

Estoy muy satisfecho con el producto obtenido, si bien es cierto, que gracias a las pruebas realizadas con los diferentes expertos en las materias, he podido encontrar posibles mejoras.

Empezando con las mejoras, una de ellas sería, como bien especificaron los expertos en educación especial, realizar la aplicación pensando en niños que todavía no saben leer, usando asistencia de voz para los distintos menús.

Otra posible mejora sería almacenar la base de datos SQL en un servidor PHP para poder acceder a ella fácilmente desde una página web o simplemente para poder almacenar los datos de manera online y visualizarlos en cualquier dispositivo.

Una mejora muy importante sería que la aplicación proporcionase retroalimentación al terapeuta mediante un submenú diseñado para los expertos, donde pudiesen analizar la evolución del paciente. Cabe destacar que se ya se almacena toda la información necesaria para ello, por lo que tan solo habría que desarrollar una interfaz sencilla para la correcta visualización de los datos.

Otra de las tareas pendientes es evaluar el trabajo realizado con niños con amputaciones, recogiendo sus opiniones y experiencias al usar la aplicación y su grado de satisfacción con la misma.

Y por último, como trabajo futuro sería muy importante poder llevar el producto a cualquier plataforma, para que todo el mundo pudiese hacer uso de ella.

Finalmente, cabe mencionar que, en los últimos días previos a la entrega de la memoria, pudimos comprobar con expertos que el tipo de entrenamiento al que da soporte esta aplicación también es un entrenamiento claramente útil para la rehabilitación de personas que hayan sufrido ictus. Esto proporciona al proyecto la posibilidad de ampliar su alcance y ser utilizado en otros campos de la Medicina.



## Referencias

---

Aguilar, A. & González, Z. (2012). Aprendizaje Interactivo. Recuperado de <http://es.slideshare.net/FabiolaLenguasmz/aprendizaje-interactivo>

Anónimo. (2014). El uso del juego como estrategia de aprendizaje. eTwinning. Recuperado de <http://www.etwinning.es/es/ideas/campanas/818-el-uso-del-juego-como-estrategia-de-aprendizaje-gamificacion-en-el-aula>

Concha, E. (2008). Ventajas y desventajas de las TICS en la educación superior. Recuperado de <http://ermelindaconcha.wordpress.com/2008/07/09/ventajas-y-desventajas-de-las-tics-del-uso-de-las-tics-en-la-educacion-superior-la-importancia-de-las-tics-en-la-educacion-superior/>

Jorge. (2011). Cómo funcionan las pantallas de iPad e iPhone. Recuperado de <http://blog.k-tuin.com/2011/01/como-funciona-la-pantalla-del-ipad/>

Benítez, M.A. (2009). El juego como herramienta de aprendizaje. Recuperado de [http://www.csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_16/MARIA%20ISABEL\\_BENITEZ\\_1.pdf](http://www.csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_16/MARIA%20ISABEL_BENITEZ_1.pdf)

Cabrero, J. (2006). Bases pedagógicas del e-learning. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento. Recuperado de [www.uoc.edu/rusc](http://www.uoc.edu/rusc)

Cigarran, J.M. (2012). Aprende iOS. Recuperado de <https://itunes.apple.com/es/book/aprende-ios-primeros-pasos/id578063766?mt=11>



## Glosario

---

ACID	Atomicity, Consistency, Isolation and Durability: atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad.
SQL	Structured Query Language, lenguaje de consulta estructurado.
CPU	Central Processing Unit, Unidad Central de Procesamiento.
Framework	Estructura conceptual y tecnológica de soporte de programas, bibliotecas y otras herramientas para ayudar a desarrollar un proyecto.
SDK	Software Development Kit, conjunto de herramientas de desarrollo de software.
Elemento UI	Todos los elementos de interfaz de usuario.
Query	Cadena de consulta que interactúa con una base de datos.
Motricidad fina	Acción que implican pequeños grupos musculares.
Deslizamiento lateral digital	Desplazamiento articular nombrado hacia el exterior del eje corporal.
Sensibilidad	Facultad de sentir.
Propiocepción	Sentido que informa al organismo de la posición de los músculos.
Motricidad gruesa	Acción que implican grandes grupos musculares.
Pinza dígito pulgar	Pinza entre dedo índice y dedo pulgar.
Pinza pulpejo	Pinza formada por los pulpejos (entre yema y uña) de los dedos índices y pulgar.
Movimientos de flexión digitales	Flexión del dedo hacia la palma de la mano.
Movimientos de extensión digitales	Extensión de los dedos hacia el dorso de la mano.



## Anexos

---

### *A Cuestionario Expertos*

1. **La aplicación está orientada a los siguientes usuarios: niños, de 6 a 12 años, con desarticulación de la muñeca o amputación por debajo del codo que utilizan Prótesis Mioeléctricas:**
  - I. **La aplicación presenta un diseño amigable para el grupo de usuarios:**

1. Totalmente de acuerdo	2. De acuerdo	3. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4. En desacuerdo	5. Totalmente en desacuerdo	
  - II. **La transición entre pantallas es simple y suficientemente sencilla para un uso infantil**

1. Totalmente de acuerdo	2. De acuerdo	3. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4. En desacuerdo	5. Totalmente en desacuerdo	
  - III. **Existe una relación evidente entre el botón y la acción que representa**

1. Totalmente de acuerdo	2. De acuerdo	3. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4. En desacuerdo	5. Totalmente en desacuerdo	
  - IV. **Las instrucciones son claras y precisas**

1. Totalmente de acuerdo	2. De acuerdo	3. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4. En desacuerdo	5. Totalmente en desacuerdo	
  - V. **Se identifica el objetivo del juego**

1. Totalmente de acuerdo	2. De acuerdo	3. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4. En desacuerdo	5. Totalmente en desacuerdo	

## Creación de una aplicación para dispositivos iOS para facilitar y entrenar el uso de prótesis mioeléctricas

---

### 2. El objetivo de la aplicación es entrenar al usuario en el uso de la prótesis mioeléctricas

#### I. ¿Podría identificar las habilidades que se pretenden conseguir con los juegos? Marque las respuestas correctas:

- a) Motricidad fina
- b) Deslizamiento lateral digital
- c) Sensibilidad
- d) Propiocepción
- e) Motricidad gruesa
- f) Pinza digito pulgar
- g) Pinza pulpejo
- h) Movimientos de flexión digitales
- i) Movimientos de extensión digitales

#### 3. ¿Le resulta útil esta aplicación?

SI      NO

#### 4. ¿Podría mejorarse?

SI      NO

¿CÓMO?-----

#### 5. ¿Encuentra algún inconveniente?

SI      NO

¿CÓMO?-----